



Escola
Técnica
Superior
de Enxeñaría

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ETIL-GLICOL (ETANO-1,2-DIOL) A PARTIR DE ÓXIDO DE ETILENO

Trabajo de fin de Grado en Ingeniería Química

Universidad de Santiago de Compostela

Escola Técnica Superior de Enxeñaría

Julio 2018

Hugo del Valle Corte y Alfonso Vidal Martínez

ÍNDICE GENERAL

- DOCUMENTO I. Memoria
 - Anexo I. Balances de materia y energía
 - Anexo II. Cálculos justificativos
 - Anexo III. Análisis de viabilidad económica
 - Anexo IV. Índice DOW
 - Anexo V. Fichas de seguridad
- DOCUMENTO II. Planos
 - Plano 1. Plano de situación de la parcela
 - Plano 2A. Plano de emplazamiento
 - Plano 2B. Plano de emplazamiento
 - Plano 3. Plano de implantación
 - Plano 4. Diagrama de flujo (PFD)
 - Plano 5A. Diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID)
 - Plano 5B. Diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID) - reactores R-101/R-102/R-103
 - Plano 5C. Diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID) - torres de extracción T-101/T-102/T-103

- Plano 6A. Planos de construcción reactores R-101/R-102/R-103
 - Plano 6B. Planos de construcción torres de extracción T-101/T-102/T-103
- DOCUMENTO III. Estudios con entidad propia
- DOCUMENTO IV. Pliego de condiciones
- DOCUMENTO V. Presupuesto

DOCUMENTO I. MEMORIA

Planta de producción de etil-glicol (Etano-1,2-diol) a partir de
óxido de etileno

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
1.1.	Objeto.....	5
1.2.	Alcance	5
1.3.	Capacidad.....	6
1.4.	Emplazamiento.....	6
1.4.1.	Criterios de selección	7
1.4.2.	Localización escogida	7
2.	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.....	12
2.1.	Introducción	12
2.2.	Alternativas	13
2.2.1.	Hidrólisis del óxido de etileno	13
2.2.2.	Hidrogenación del oxalato de dimetilo	14
2.2.3.	Conversión de celulosa.....	15
2.2.4.	Hidrogenólisis de polioles	16
2.2.5.	Transesterificación de carbonato de etileno y metanol	17
2.2.6.	Carbonilación de formaldehído.....	18
2.2.7.	Etileno y peróxido de hidrógeno	19
2.2.8.	Gas de síntesis	19
2.2.9.	Tabla resumen de alternativas	20
2.3.	Alternativas de aplicación a nivel industrial.....	22
2.3.1.	Hidrólisis del óxido de etileno	22
2.3.2.	Gas de síntesis	28
2.3.3.	Conversión de celulosa.....	30
2.3.4.	Comparación de alternativas	33
2.3.5.	Estudio de la seguridad de las alternativas	36
3.	ESTUDIO DE MERCADO	52
3.1.	Introducción	52

3.2.	Datos de producción y precios	54
3.2.1.	Mercado de China	56
3.3.	Dependencia e interacción con otros mercados.....	56
3.4.	Factores condicionantes de la dinámica del mercado	57
3.5.	Previsiones a medio - largo plazo.....	58
3.6.	Síntesis de resultados del estudio de mercado.....	61
4.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	65
5.	DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS	66
5.1.	Listado de equipos	66
5.2.	Equipos	67
5.2.1.	Tanque V-101	67
5.2.2.	Bomba P-101 A/B	67
5.2.3.	Intercambiador de calor H-101	67
5.2.4.	Reactores de hidrólisis R-101/R-102/R-103	67
5.2.5.	Intercambiador de calor H-102	67
5.2.6.	Válvula de expansión VLV-101	67
5.2.7.	Torres de extracción T-101/T-102/T-103	67
5.2.8.	Intercambiador de calor H-103	67
5.2.9.	Intercambiador de calor H-104	68
5.2.10.	Tanque V-102	68
5.2.11.	Columna de destilación D-101	68
5.2.12.	Bomba P-102 A/B	68
5.2.13.	Condensador E-101	68
5.2.14.	Rehervidor E-102.....	68
5.2.15.	Tanque de reflujo V-103.....	68
5.2.16.	Torre de destilación D-102	68
5.2.17.	Bomba P-103 A/B	68
5.2.18.	Condensador E-103	68

5.2.19.	Rehervidor E-104.....	69
5.2.20.	Tanque de reflujo V-104.....	69
5.2.21.	Torre de destilación D-103.....	69
5.2.22.	Bomba P-104 A/B	69
5.2.23.	Condensador E-105	69
5.2.24.	Rehervidor E-106.....	69
5.2.25.	Tanque de reflujo V-105.....	69
6.	CONTROL E INSTRUMENTACIÓN.....	69
6.1.	Introducción	69
6.2.	Definiciones.....	70
6.3.	Variables controladas, manipuladas y medidas.....	74
6.3.1.	Tablas de variables seleccionadas.....	75
6.3.2.	Variables controladas.....	78
6.3.3.	Variables manipuladas	79
6.3.4.	Variables medidas	79
6.4.	Tabla de combinaciones y de resumen de instrumentos	80
6.5.	Estrategias de control.....	82
6.5.1.	Reactor R-101.....	82
6.5.2.	Torre de extracción T-101	88
6.6.	Algoritmos de control.....	91
7.	NORMAS Y LEGISLACIÓN.....	94
7.1.	Normativa de afectación	94
7.2.	Normas, guías y códigos de diseño	96
8.	SEGURIDAD.....	96
8.1.	Introducción	96
8.2.	Distancias de seguridad.....	97
8.2.1.	Introducción	97
8.2.2.	Aspectos relevantes	97

8.2.3.	Distancias entre unidades	98
8.2.4.	Comparativa con radios de afectación (estudios de seguridad)	102
8.2.5.	Distancias mínimas legales entre equipos	102
8.3.	Escenarios de fugas	104
8.3.1.	Introducción	104
8.3.2.	Reactor R-101	105
8.3.3.	Torre de extracción T-101	115
8.3.4.	Método TNT	118
8.4.	Índice DOW Reactor R-101/R-102/R-103	119
8.5.	Índice DOW Torre de extracción T-101/T-102/T-103	119
8.6.	Válvula de alivio PSV-108	119
8.7.	Válvula de alivio PSV-112	120
9.	BIBLIOGRAFÍA	121
9.1.	Libros, revistas y patentes	121
9.2.	Páginas web	122
9.3.	Normas y códigos de diseño	123
9.4.	Legislación	123
9.4.1.	Ámbito europeo (directivas y reglamentos)	123
9.4.2.	Ámbito nacional (reales decretos y órdenes ministeriales)	124
9.5.	Fichas de seguridad	125
9.6.	Estudios de mercado	125

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objeto

El objeto del presente proyecto es el diseño de una planta de producción de etil-glicol a partir de óxido de etileno. El etil-glicol es un producto intermedio por lo que la instalación forma parte de la industria química básica.

Los objetivos relativos al diseño del presente proyecto son por una parte el diseño de una planta química que genere etil-glicol a partir de óxido de etileno y agua y por otra, el diseño de los principales equipos que componen la planta.

El proyecto es llevado a cabo por Hugo del Valle Corte y Alfonso Vidal Martínez, ambos responsables de las unidades de diseño existentes en el presente documento.

- Etapa de reacción: Hugo del Valle Corte
- Etapa de separación: Alfonso Vidal Martínez

Con el presente proyecto también se pretende consolidar el Trabajo de Fin de Grado del Grado en Ingeniería Química de la Escola Técnica Superior de Enxeñaría de la Universidad de Santiago de Compostela.

1.2. Alcance

El presente proyecto se corresponde a la primera fase de desarrollo de un proyecto real a nivel industrial por lo que se corresponde con la ingeniería básica, esto implica que el alcance es limitado y los cálculos son acordes al grado de desarrollo de proyecto.

Los puntos que trata el proyecto son los siguientes:

- Selección del proceso empleado mediante un estudio de las diversas alternativas posibles y la tecnología disponible.
- Análisis de viabilidad técnica y económica preliminar en base a un estudio de mercado para evaluar el interés del producto tanto en el mercado actual como en el de un futuro próximo.
- Cálculo de los balances de materia y energía de toda la instalación.

- Descripción del proceso y de todas las unidades implicadas.
- Estudio de emplazamiento para determinar la posible ubicación óptima de la planta.
- Estudio y desarrollo del sistema de control de los principales equipos de la planta.
- Estudio de seguridad de la planta mediante la realización de varios escenarios de fugas, el cálculo del índice DOW y de válvulas de alivio para los principales equipos.
- Diseño de dos equipos principales, cada uno correspondiente a la principal operación de cada etapa, por lo que se diseñará el reactor para la etapa de reacción y la torre de extracción para la etapa de separación.
- Estudio de impacto ambiental de la instalación de sus principales impactos, emisiones y efectos sobre el entorno.
- Elaboración de los diversos planos del proyecto: plano de situación, plano de emplazamiento, plano de implantación, diagrama de flujo, diagrama de tuberías e instrumentación y planos internos de los equipos diseñados.
- Elaboración del presupuesto de la instalación y un estudio de viabilidad económica de la planta.

1.3. Capacidad

Esta planta de producción de etil-glicol se ha diseñado para una capacidad de 750.000 ton/año de etil-glicol con una pureza del 99,99 % en peso y con un régimen de operación continuo de 330 días/año que permiten establecer paradas por mantenimiento, limpieza o problemas de suministro. Esta capacidad se ha seleccionado en base a las capacidades de otras plantas similares de nueva construcción. (*Shell Global, 2018*)

1.4. Emplazamiento

En este apartado se estudiará la ubicación de la planta objeto. Se debe tener en cuenta que se trata de una industria química, por lo que será necesaria la valoración de una serie de factores de acuerdo a la elección concreta de la ubicación de la instalación de producción de etilenglicol.

1.4.1. Criterios de selección

Los diferentes puntos de relevancia en la metodología de elección de la localización para la construcción de la instalación de estudio pueden ser divididos en factores primarios y factores específicos. Entre los factores primarios se encuentran: *(Sinnott, 2007)*

- Suministro y disponibilidad de materias primas.
- Mercado del producto.
- Necesidad de servicios básicos; suministro de agua, energía eléctrica, gas u otro tipo de combustible.
- Factores climáticos.

Tras los antes mencionados, se listan los factores específicos: *(Sinnott, 2007)*

- Necesidad de vías de transporte como ferrocarril, carreteras o puertos.
- Requisitos relacionados con la existencia de alcantarillado, estaciones de depuración de aguas o recogida y eliminación de residuos.
- Disponibilidad de mano de obra, considerando la formación pertinente.
- Leyes reguladoras vigentes.
- Necesidad de espacio y distribución en planta, teniendo en cuenta aparcamientos, almacenes o carreteras.
- Requerimientos de seguridad de protección contra incendios e inundaciones.
- Posibilidades de inversión en los terrenos con una posterior ganancia por revalorización de los mismos.

1.4.2. Localización escogida

Los criterios listados serán evaluados para la ubicación concreta de la planta de producción de MEG emplazada en el polígono industrial de Guadarranque, situada en el municipio de San Roque, Andalucía, España; tal como se muestra en la *Figura 1.1*.

Con un área de 140,0 Km², San Roque está situado en el extremo suroriental de la provincia de Cádiz, limitando al mismo tiempo con el mar Mediterráneo, la bahía de Algeciras y la Línea de la Concepción. *(Ilustre Ayuntamiento de San Roque, 2018)*

La parcela seleccionada es de planta rectangular de dimensiones 510 m de largo y 450 m de ancho, con una superficie total de 229.500 m².

En el Documento II. Planos, en los planos de situación (plano nº 1) y de emplazamiento (plano nº 2A y 2B) pueden apreciarse los datos geográficos descritos; además de las dimensiones de la parcela en el plano de implantación (plano nº 3).



Figura 1.1. Mapa político España, ubicación del polígono industrial de Guadarranque. (Hill, 2017)

Las razones por las cuales se ha decidido localizar la planta en el polígono industrial de Guadarranque conforme a los factores expuestos, son los siguientes:

- Suministro y disponibilidad de materia prima. La principal planta de este polígono industrial es la refinería de Gibraltar - San Roque perteneciente a Cepsa, dado que el óxido de etileno es una sustancia química generada en instalaciones petrolíferas, el suministro de dicha materia prima se encontraría cubierto. A mayores, la parcela se ha ubicado de manera concreta en los territorios contiguos a la refinería, para así facilitar la recepción del óxido de etileno y reducir costes derivados del transporte. Si el suministro de Cepsa cesase, gracias a la gran infraestructura de servicios de transporte, comercio y logística se proporcionarían distintas alternativas de suministro eficaces en el caso de que suceda este contratiempo. La otra materia prima necesaria para llevar a cabo la producción de MEG es el agua, gracias a las abundantes masas de agua presentes en las cercanías junto al gran número de empresas dedicadas al tratamiento de aguas;

la demanda de este componente no presentaría inconvenientes. (*Ilustre Ayuntamiento de San Roque, 2018*)

- Mercado del producto. Una de las principales aplicaciones industriales del monoetilenglicol en la actualidad es la producción de resinas PET. La creciente demanda de tereftalato de polietileno (PET) para aplicaciones de embalaje en la región de Asia - Pacífico, convierte a esta zona en el principal mercado localizado de etil-glicoles. Por consiguiente, son necesarias vías de transporte de gran capacidad y renovadas como las de la zona. A su vez, dentro del polígono industrial de Guadarranque se ubican las instalaciones de Indorama Ventures Química que produce diversos productos químicos, entre ellos el PET. (*Ilustre Ayuntamiento de San Roque, 2018*) (*GRAND VIEW RESEARCH, 2015*)
- Necesidad de servicios básicos. El polígono industrial de Guadarranque cuenta con el suficiente desarrollo para disponer del abastecimiento requerido de utilidades. El suministro de agua se asegura gracias a la gran cantidad de masas de agua dulce y las plantas de tratamiento de aguas en las inmediaciones de la zona, es decir, de manera idéntica al abastecimiento de agua como materia prima. La energía eléctrica puede ser distribuida desde una de las tres centrales térmicas de ciclo combinado localizadas en los alrededores, propiedad de Endesa Generación, Gas Natural Fenosa, Cepsa y E.ON. En cuanto al gas u otro tipo de combustible, se pueden adquirir procedentes de la refinería de Cepsa. (*Ilustre Ayuntamiento de San Roque, 2018*)
- Factores climáticos. El clima en San Roque es cálido y templado, la temperatura y las precipitaciones promedio son de 17,4 °C y 760 mm respectivamente. Por lo tanto, el clima es el adecuado para el desarrollo de la actividad industrial. (*Ilustre Ayuntamiento de San Roque, 2018*)
- Necesidad de vías de transporte como ferrocarril, carreteras o puertos. Entre las carreteras cercanas destacan la A-7 y CA-34, a través de ellas se enlaza la ubicación del polígono con el eje de autovías Algeciras - Barcelona (A-7 y AP-7) que permiten la circulación por carreteras de alta capacidad por todo el frente Mediterráneo, pasando por lugares de interés como Algeciras, Málaga, Almería, Cartagena, Alicante, Valencia, Tarragona y Barcelona. Entre las comunicaciones hacia el centro peninsular destaca una primera coexistencia de vías de alta capacidad y nacionales (N-340, la A-48 y la A-4) para llegar a Sevilla. A continuación, el recorrido se realiza por medio de vías de altas prestaciones hasta Madrid, A-4 entre otras. A su vez, la infraestructura ferroviaria de la zona presenta un elevado desarrollo, la estación de San Roque – La Línea posee trenes

de media distancia que comunican con Algeciras, Antequera y Granada; además de trenes de larga distancia Algeciras – Madrid con paradas en Córdoba, Puertollano o Ciudad Real. En las zonas colindantes a San Roque se encuentran tres puertos, el puerto de la bahía de Algeciras, el puerto de Gibraltar y el puerto de Guadarranque. Entre estos destaca por su infraestructura y su relevancia el puerto de la bahía de Algeciras, ya que está dotado tanto de infraestructuras marítimas como de servicios auxiliares que serían suficientes para atender a todo tipo de buques y mercancías. Su situación geográfica le configura como puerto de enlace con América, sur y norte de Europa, África y Asia. Por todo ello, se puede considerar al Puerto de Algeciras como un centro de distribución de mercancías; los datos lo respaldan al ser el primer puerto de España en tráfico total de mercancías, el primero del mar Mediterráneo y se encuentra el puesto 25 del mundo en transporte de contenedores (datos de 2015). Por último, el aeropuerto Internacional de Gibraltar está a 13 minutos, el de Jerez a 1 hora y 9 minutos y el de Sevilla a 1 hora y 53 minutos. (*Ilustre Ayuntamiento de San Roque, 2018*) (*Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras, 2014*)

- Requisitos relacionados con la existencia de alcantarillado, estaciones de depuración de aguas o recogida y eliminación de residuos. Tal como se mencionó tanto el área de San Roque como el polígono industrial de Guadarranque poseen el suficiente desarrollo como para hacerse cargo de aquellas operaciones relacionadas con la gestión medioambiental, además en las cercanías a la instalación operan un elevado número de plantas de tratamiento de aguas. (*Ilustre Ayuntamiento de San Roque, 2018*)
- Disponibilidad de mano de obra. La población de San Roque cuenta con 29.575 personas y la densidad de la población del entorno cercano a la ubicación es de 214,06 hab/km² (datos de 2016, según cifras del Instituto Nacional de Estadística). El entorno seleccionado proporciona una gran cantidad de mano de obra disponible, dado que las áreas colindantes están formadas por pequeños núcleos de población con una elevada tasa de desempleo debido a que la productividad agraria de la zona es casi nula; y a vez por su cercanía con grandes núcleos urbanos como Málaga o Algeciras. Por otro lado, en Andalucía se encuentran diversas universidades como la Universidad de Málaga, Sevilla o Granada; capaces de proveer personal altamente cualificado cada año. (*Ilustre Ayuntamiento de San Roque, 2018*)
- Leyes reguladoras vigentes. La operación industrial y construcción de la instalación se realizará de acuerdo a la legislación vigente en el ámbito municipal, autonómico,

nacional y europeo; es decir, de una manera similar a cualquier ubicación escogida dentro de España.

- Necesidad de espacio y distribución en planta. La gran mayoría de instalaciones localizadas en el ámbito de las industrias químicas requieren grandes cantidades de terreno. En consecuencia, se ha consultado en el catastro el suelo neto disponible del polígono industrial de Guadarranque, seleccionando un inmueble con las dimensiones necesarias para satisfacer los requerimientos de espacio de la parcela de la planta (510x450 m, superficie total de 229.500 m²); cuya superficie es de 500.850 m². De este bien inmueble donde la productividad primaria agraria es nula, se adquiere la parcela establecida. En la Tabla 1.1 se recogen las características urbanísticas y servicios del inmueble y de la parcela escogidos. (*Sede Electrónica del Catastro, 2018*)

Tabla 1.1. Características urbanísticas y servicios del inmueble y de la parcela escogidos. Elaboración propia a partir de Sede Electrónica del Catastro, 2018

CARACTERÍSTICAS URBANÍSTICAS		SERVICIOS
DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE	DATOS DE LA PARCELA	Agua Energía eléctrica Gas u otro tipo de combustible Alcantarillado Depuración y tratamiento de aguas Gestión de residuos Protección contra incendios e inundaciones Línea telefónica Alumbrado público
Referencia catastral: 11033A009000290000EB	Dimensiones (largo x ancho): 510 x 450 m	
Localización: Polígono 9 Parcela 29 CORTIJO. SAN ROQUE (CÁDIZ)	Superficie: 229.500 m ²	
Superficie: 500.850 m ²		
Gestión urbanística previa: No requerida		

En conclusión, el polígono elegido como emplazamiento está plenamente equipado con todo tipo de servicios necesarios para el normal funcionamiento de la planta (abastecimiento de utilidades, buen acceso por carretera, ferrocarril y mar, saneamiento y depuración de aguas...); además, la localización cumple con los requerimientos de suministro de materias primas, mercado del producto y disponibilidad de mano de obra y espacio.

Tras la puntualización de cada uno de los criterios anteriores, se aporta una visión más concreta del emplazamiento de la parcela de la instalación de producción de etilenglicol por medio de la *Figura 1.2*. Esta vista satélite de la parcela seleccionada se emplea como un complemento, haciendo hincapié en las distintas conexiones, distancias e industrias cercanas; en ningún caso se emplea el recorte de *Google Maps* como un plano definitivo del Documento II. Planos.

Ver Documento II. Planos, plano de Situación (nº plano: 1), plano de emplazamiento (nº de plano: 2A y 2B) y plano de implantación (nº plano 3) para una percepción más rigurosa de lo desarrollado en este apartado.



Figura 1.2. Vista satélite parcela elegida en el polígono de Guadarranque. (Google Maps, 2018)

2. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

2.1. Introducción

El etil-glicol es el diol más simple y posee varias propiedades únicas debido a su estructura característica, ya que presenta dos grupos hidroxilo (OH^-) en posiciones adyacentes a lo largo de una cadena de hidrocarbano. Este compuesto es incoloro, inodoro, relativamente no volátil, higroscópico, líquido con baja viscosidad, difícil de cristalizar, completamente miscible con

muchos solventes polares (agua, alcoholes, éteres de glicol, acetona...) y solo ligeramente soluble en disolventes no polares (benceno, tolueno, dicloroetano, cloroformo...). (Gong et col., 2012)

2.2. Alternativas

El etil-glicol (EG) es un compuesto orgánico importante e intermediario químico utilizado en una gran cantidad de procesos industriales (energía, plásticos, automóviles, productos químicos...). De hecho, debido a sus propiedades únicas y aplicaciones comerciales versátiles, se han explorado una gran variedad de sistemas químicos para la síntesis de EG, particularmente a través de procesos de reacción derivados de combustibles fósiles y recursos basados en biomasa. En la Figura 2.1 se presentan de manera esquemática las distintas materias primas de las cuales es posible obtener etil-glicol, además de las posibles utilidades del mismo. En consecuencia, se presenta una breve descripción de las distintas alternativas existentes en la actualidad para la producción del producto de interés. (Gong et col., 2012)

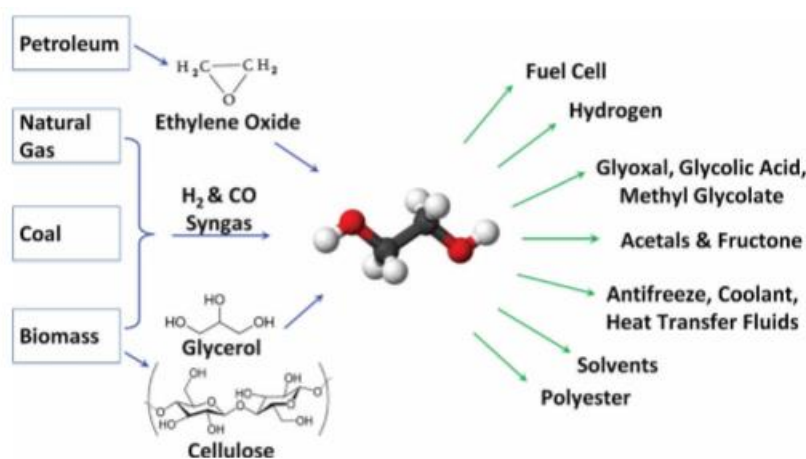


Figura 2.1. Alternativas de producción de EG y posibles utilidades del producto. (Gong et col., 2012)

2.2.1. Hidrólisis del óxido de etileno

La hidrólisis del óxido de etileno es un proceso térmico convencional para la producción industrial de etil-glicol, comenzó inicialmente en ausencia de catalizadores y posteriormente se desarrollaron procesos catalíticos para obtener una mayor selectividad. (Gong et col., 2012)

En relación a la reacción de hidratación no catalítica, es dominante en la industria en los primeros años del S. XXI y generalmente se desarrolla a temperaturas elevadas. No obstante, las reacciones catalíticas cada vez están cobrando mayor importancia en la actualidad a raíz de sus elevadas selectividades, sus altos grados de conversión y requerir unas temperaturas de reacción menos elevadas que las reacciones no catalíticas. Por consiguiente, la hidratación catalítica del óxido de etileno a etil-glicol ha desplazado del panorama industrial a la no catalítica tanto a día de hoy como en un futuro próximo; convirtiéndose así en la alternativa más empleada a nivel industrial para la producción de este producto. Los principales catalizadores empleados son aniones de sales inmovilizados sobre resinas de intercambio iónico, haluros de fosfonio cuaternario, sales de amonio de organosilano polimérico, óxidos metálicos soportados y zeolitas. Además, tanto catalizadores homogéneos y heterogéneos exhibieron una actividad excelente para la hidratación y gran facilidad de regeneración. El principal hecho diferenciador entre catalizadores va vinculado a su naturaleza, ya que en función de la acidez y la basicidad podría determinar el tipo de intermedios y conducir a diferentes mecanismos de reacción. (Gong et col., 2012)

La reacción sigue una ruta de serie a paralelo con la formación de homólogos de etil-glicol. Un átomo de carbono en el óxido de etileno protonado puede ser atacado por el agua para producir etil-glicol con la liberación de un protón, a su vez este protón también puede ser atacado por un óxido de etileno no protonado que da como resultado la creación de dietilenglicol (DEG). Del mismo modo, se pueden generar trietilenglicol (TEG) y etil-glicoles polimerizados como subproductos. La ruta de reacción descrita se refleja en la Figura 2.2. (Gong et col., 2012)

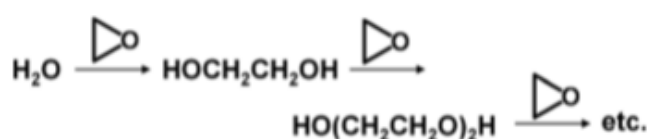


Figura 2.2. Esquema de la ruta de reacción de hidratación del óxido de etileno. (Gong et col., 2012)

2.2.2. Hidrogenación del oxalato de dimetilo

La hidrogenación de DMO es uno de los pasos clave en la síntesis de EG a partir de gas de síntesis, ya sea derivado de carbón, gas natural o biomasa. (Gong et col., 2012)

La reacción tiene lugar mediante dos etapas: formación de glicolato de metilo (MG) e hidrogenación de MG a EG, el mecanismo de reacción se ilustra en la Figura 2.3. La reacción se puede llevar a cabo tanto en sistemas homogéneos como heterogéneos basados en catalizadores de metales básicos y nobles, tales como Ru, Ag y Cu. Para sistemas homogéneos, los catalizadores desarrollados se enfocan principalmente en compuestos basados en rutenio, algunos ejemplos son $\text{H}_4\text{Ru}_4(\text{CO})_8(\text{PBu}_3)_4$ o $\text{Ru}(\text{CO})_2(\text{CH}_3\text{COO})_2(\text{PBu}_3)_2$ que pueden catalizar la hidrogenación de DMO con un máximo rendimiento de EG del 82%. Sin embargo, es necesario notar que se producen una gran variedad de subproductos a partir de reacciones de esterificación, transesterificación y descarboxilación; además, se requiere una alta presión de H_2 (200 atm) para la conversión eficiente de DMO. Así pues, esta alternativa se encuentra en desuso a nivel industrial. (Gong et col., 2012)

Para mejorar aún más la selectividad y evitar el uso de condiciones de reacción rigurosas, se ha dirigido el interés hacia el uso de complejos de rutenio con una densidad de electrones incrementada en su centro, mejorando así la nucleofilia del hidruro intermedio. (Gong et col., 2012)

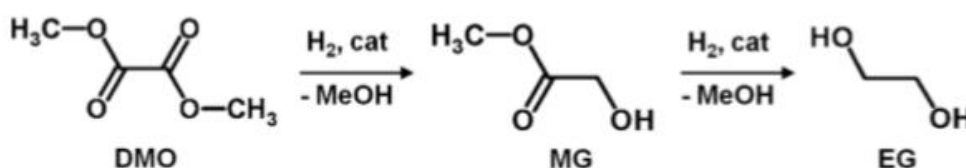


Figura 2.3. Diagrama de la ruta de reacción de hidrogenación del oxalato de dimetilo. (Gong et col., 2012)

2.2.3. Conversión de celulosa

La celulosa es la fuente más abundante de biomasa. Puesto que proviene principalmente de pasto y residuos agrícolas, la conversión directa a compuestos orgánicos útiles, alcoholes y azúcares; es una de las rutas más atractivas para el uso industrial de la celulosa. (Gong et col., 2012)

El proceso de conversión directa de la biomasa a compuestos orgánicos útiles generalmente puede dividirse en dos etapas, inicialmente se produce la hidrólisis selectiva en glucosa y posteriormente se lleva a cabo la transformación en combustibles y productos químicos. Los

catalizadores adecuados son aquellos capaces de convertir la celulosa en una sola etapa a combustibles o productos químicos, lo que podría promover varios tipos de reacciones que incluyen hidrólisis, hidrogenólisis e hidrogenación. En relación a estos procesos catalíticos de un solo paso, destacan los reflejados en la Figura 2.4 para convertir celulosa en EG, otros polioles, manitol y sorbitol. En primer lugar, era usado un catalizador de $\text{Pt}/\text{Al}_2\text{O}_3$ con un rendimiento del 31%, viéndose aumentada la conversión de celulosa al 83.1% y la selectividad de los alcoholes de azúcares usando un catalizador de Ru/AC a altas temperaturas de reacción. Sin embargo, dado que el uso de metales nobles limita amplias aplicaciones de este proceso, se han desarrollado sistemas de catalizadores menos costosos pero eficientes, $\text{Ni}-\text{W}_2\text{C}$, para la conversión catalítica directa de celulosa a polioles. (Gong et col., 2012)

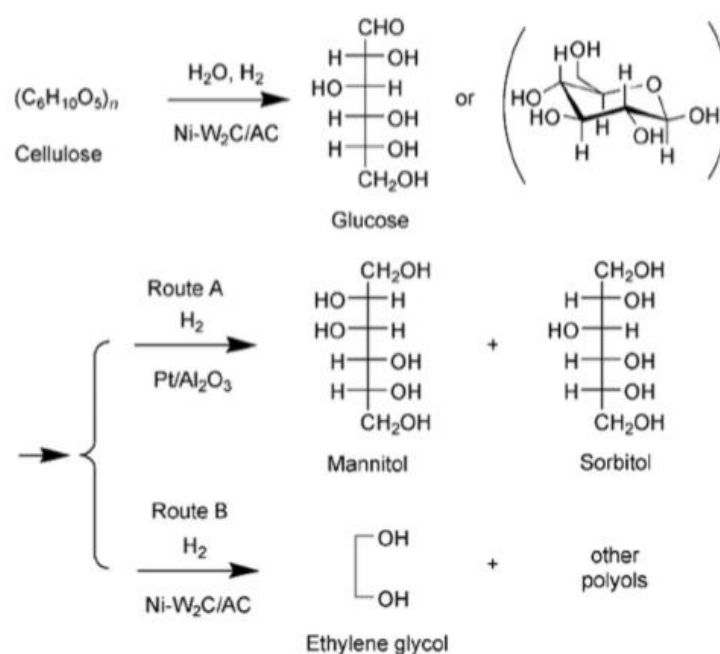


Figura 2.4. Diagrama de la ruta de reacción de la conversión catalítica de celulosa a etil-glicol y otros polioles. (Gong et col., 2012)

2.2.4. Hidrogenólisis de polioles

La obtención tanto de combustibles líquidos como de productos químicos de valor agregado a partir de los polioles derivados de biomasa ha surgido como una alternativa innovadora y prometedora. (Gong et col., 2012)

Entre las distintas rutas de reacción que involucran polioles, destaca la transformación del glicerol formado como subproducto en la producción de biodiesel a productos químicos valiosos

de interés. La hidrogenólisis catalítica es la encargada de transformar el glicerol a glicoles como etil-glicol y propanodíoles, reacción global mostrada en la Figura 2.5. (Gong et col., 2012)

Los catalizadores empleados en la hidrogenólisis en fase líquida de glicerol se enfocan principalmente en compuestos basados en Cu, Ni y Ru, destacando estos últimos como altamente reactivos. Sin embargo, los catalizadores de este tipo están compuestos por una resina de intercambio iónico cuya resistencia térmica es considerablemente baja, convirtiéndose ésta en un gran inconveniente. En consecuencia, esta alternativa es descartada a nivel industrial para la producción de etil-glicol. (Gong et col., 2012)

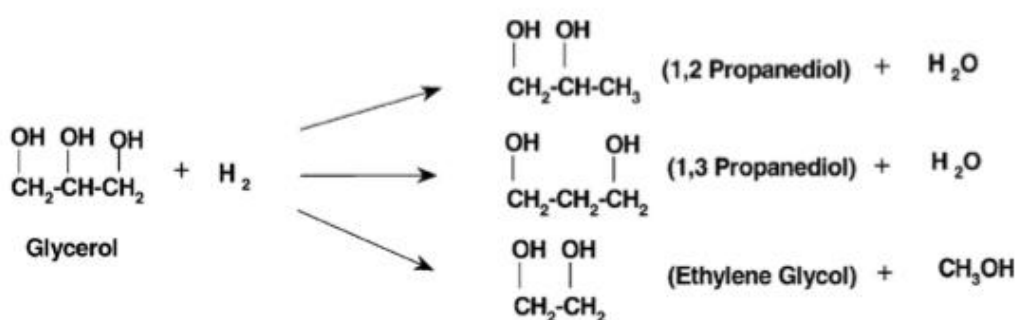


Figura 2.5. Reacción global de conversión de glicerol en etil-glicol y propanodíoles. (Gong et col., 2012)

2.2.5. Transesterificación de carbonato de etileno y metanol

Otra vía de producir etil-glicol es la de sintetizarlo simultáneamente con carbonato de dimetilo (DMC) mediante una reacción de transesterificación entre carbonato de etileno y metanol (Figura 2.6). (Gong et col., 2012)

La reacción antes descrita cobra gran relevancia desde el punto de vida del desarrollo sostenible, ya que el carbonato de etileno generalmente se produce por reacción entre óxido de etileno y dióxido de carbono, siendo este último un gas de efecto invernadero muy abundante que sería eliminado. (Gong et col., 2012)

Los esfuerzos en este proceso se centran en el desarrollo de catalizadores altamente eficientes, entre los que cumplen esto se encuentran los óxidos de itrio y de cerio (conversión del 59% de carbonato de etileno con una selectividad del 30% de EG) y las esmectitas que contienen especies de magnesio y/o níquel (conversión del 55-75% de

carbonato de etileno con una selectividad global del 89-92%). Dado que estos catalizadores son complicados de obtener y por ello poseen un elevado precio, esta alternativa se descarta desde el punto de vista del proyecto desarrollado; puesto que, el carácter de este no es la eliminación de CO₂. (Gong et col., 2012)

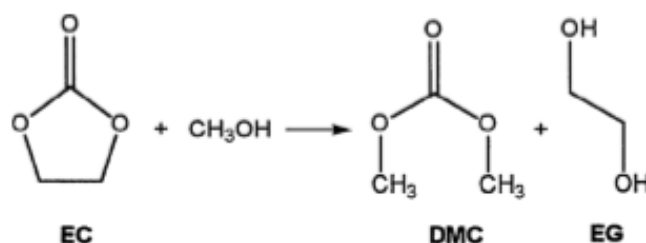


Figura 2.6. Síntesis de etil-glicol por transesterificación de carbonato de etileno con metanol.

(Gong et col., 2012)

2.2.6. Carbonilación de formaldehído

La carbonilación del formaldehído se ha investigado en un inicio para la producción de ácido glicólico y sus ésteres/éteres. Con la entrada del nuevo siglo, esta vía ha perdido importancia industrialmente; sin embargo, como estos productos pueden fácilmente convertirse en etil-glicol podría recobrar importancia en un futuro próximo. (Gong et col., 2012)

Las rutas de reacción globales se muestran en la Figura 2.7. Haciendo hincapié en la ruta 1 que ocurre sobre catalizadores ácidos en fase líquida, comienza con la protonación de formaldehído para producir un carbocatión que se somete a CO para producir un carbocatión de acilo. A continuación, se adiciona agua y tras posterior desprotonación se forma ácido glicólico; posteriormente es posible formar MG por esterificación del ácido glicólico con metanol que puede hidrogenarse para producir EG. Además, es posible hidrogenar directamente el ácido glicólico para generar EG. (Gong et col., 2012)

No obstante, este proceso es descartado a nivel industrial debido a las severas condiciones a las cuales tiene lugar la reacción, 900 atm de CO y temperaturas entre 130 y 200 °C. (Gong et col., 2012)

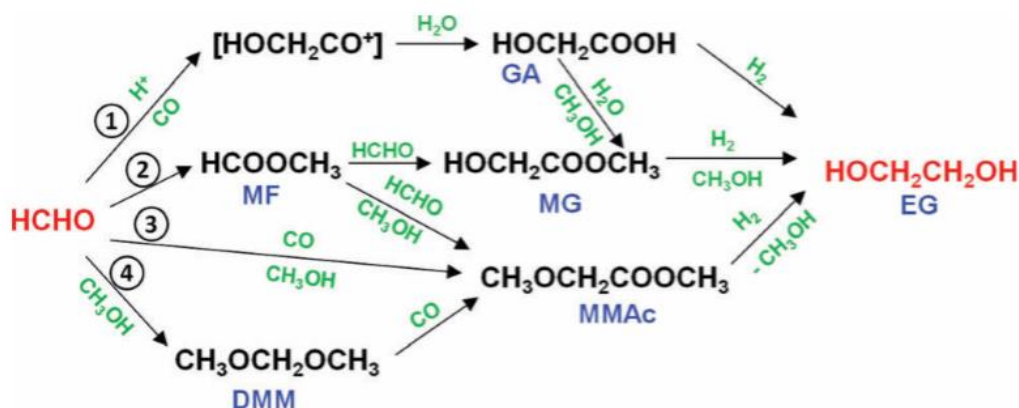


Figura 2.7. Vías de reacción para la síntesis de etil-glicol a partir de formaldehído. (Gong et col., 2012)

2.2.7. Etileno y peróxido de hidrógeno

La síntesis directa de etil-glicol a partir de etileno y peróxido de hidrógeno es una tecnología todavía en proceso de desarrollo, consiste en la epoxidación de etileno e hidrólisis secuencial de óxido de etileno. (Gong et col., 2012)

Solo existen datos de esta alternativa a escala de laboratorio, por ejemplo, se emplea un catalizador Al-TS-1 debido a la necesidad de un catalizador bifuncional capaz de realizar secuencialmente la epoxidación del etileno y el proceso de apertura del anillo para la producción de etil-glicol. En consecuencia, a raíz de la fase de evolución en la cual se encuentra esta tecnología se descarta de ser implementada en este proyecto. (Gong et col., 2012)

2.2.8. Gas de síntesis

El etil-glicol puede obtenerse directamente a partir de gas de síntesis, siendo esta la alternativa potencialmente más económica; ya que permitiría obtenerlo de gas natural, residuos pesados de petróleo, carbón o incluso biomasa. (Dombek, 1986)

La preparación de etil-glicol directamente a partir de gas de síntesis mediante un catalizador homogéneo de rodio, rutenio y cobalto ha estado generalmente limitada por las altas presiones necesarias; este problema se puede resolver parcialmente mediante la formación de compuestos intermedios como el diacetato de etil-glicol, donde los parámetros termodinámicos son más favorables. (Knifton, 1981)

La reacción produce etil-glicol y un alcohol que deben ser separados mediante destilación. También se deben recuperar para su posterior recirculación las partículas sólidas de catalizador.
(Knifton, 1981)

2.2.9. Tabla resumen de alternativas

Por último, se presenta la Tabla 2.1 a modo de resumen de las distintas alternativas expuestas para la producción de etilenglicol, haciendo hincapié en si son empleadas en el ámbito industrial a día de hoy.

Tabla 2.1. Alternativas existentes para la producción de etil-glicol. Elaboración propia a partir de Gong et col., 2012 y Dombek, 1986

Alternativa	¿Se considera de aplicación a nivel industrial en la actualidad?	Razón de descarte
Hidrólisis del óxido de etileno no catalítica		Temperaturas de reacción elevadas, bajas selectividades y grados de conversión en comparación con la hidrólisis del óxido de etileno catalítica
Hidrólisis del óxido de etileno catalítica		-
Hidrogenación del oxalato de dimetilo		Gran variedad de subproductos por reacciones de esterificación, transesterificación y descarboxilación. Alta presión de H ₂ (200 atm) para conversión eficiente de DMO
Conversión de celulosa		-
Hidrogenólisis de polioles		Catalizadores compuestos por resina de intercambio iónico con resistencia térmica considerablemente baja
Transesterificación de carbonato de etileno y metanol		Catalizadores de difícil obtención, elevado precio. El carácter del proyecto no es la eliminación de CO ₂
Carbonilación de formaldehído		Severas condiciones de reacción, 900 atm de CO y 130 - 200 °C
Etileno y peróxido de hidrógeno		Alternativa en fase de desarrollo. Necesidad de catalizador bifuncional, elevado precio
Gas de síntesis		-

Leyenda:

Rojo: alternativa no viable a nivel industrial actualmente.

Verde: alternativa viable a nivel industrial actualmente.

2.3. Alternativas de aplicación a nivel industrial

Se procederá al planteamiento y desarrollo de las alternativas de aplicación en el mundo industrial para la producción de etil-glicol, a raíz de su viabilidad tanto económica como técnica. En consecuencia, se presentan los factores técnicos, aspectos relacionados con materias primas y factores que afecten a la generación de residuos y subproductos para las distintas opciones elegidas en la Tabla 2.1. Es decir, se exponen con detalle la hidrólisis del óxido de etileno, el gas de síntesis y la conversión de celulosa; con ayuda del diagrama de bloques pertinente. En base a la información expuesta se elegirá de manera razonada la alternativa a utilizar en el presente proyecto para la producción de monoetilenglicol.

2.3.1. Hidrólisis del óxido de etileno

La hidratación catalítica de óxido de etileno constituye la alternativa de uso mayoritario a nivel industrial para la producción de etil-glicol. Recientemente se plantean cada vez más exigencias en cuanto a la calidad de este producto, especialmente en lo que se refiere al contenido en componentes secundarios. Existen dos tipos de monoetilenglicol en función a su pureza: grado industrial con menores exigencias (agente anticongelante) y grado fibra con requisitos más estrictos (producción de fibras sintéticas). En el ámbito de este proyecto se producirá EG de alta pureza, es decir, de grado fibra. (*Adrian et col., 2003*)

Para obtener una alta selectividad a EG se debe usar una gran cantidad de agua en exceso, la relación molar sería de 20-25 de agua/óxido de etileno. Sin embargo, una mayor proporción de agua respecto al óxido de etileno se traduce en una menor concentración de EG, aumentando así la inversión de capital para las operaciones unitarias como la separación. Puesto que el coste de la separación de EG del agua es elevado, aparece la problemática de elegir la mejor opción de separación en función de los costes de equipos y energía frente a la pureza del producto obtenido; para así obtener una mayor viabilidad y rentabilidad en la operación. Por lo tanto, se ha recurrido a la valoración de esta ruta de reacción con dos secuencias de separación distintas, destilación y extracción, analizando así dos alternativas diferenciadas. (*Gong et col., 2012*)

2.3.1.1. Separación de EG del agua por destilación

La secuencia de separación por destilación constituye una alternativa con un gran consumo energético debido a la gran cantidad de energía consumida en la caldera, situada en colas de la columna, para evaporar toda el agua presente. El diagrama de bloques básico de esta alternativa se recoge en la Figura 2.8.

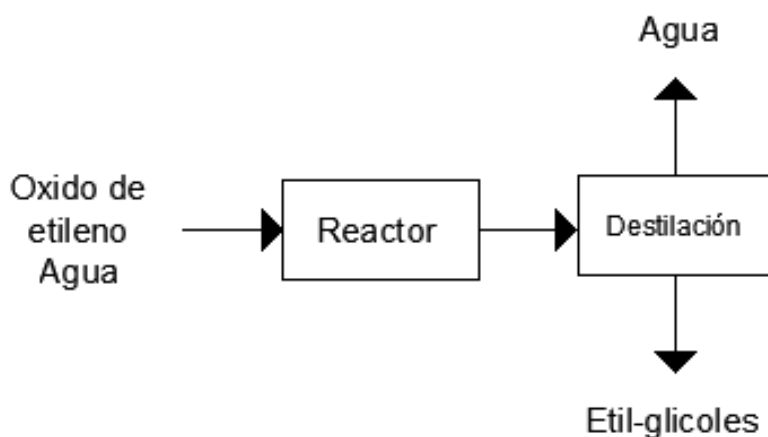


Figura 2.8. Diagrama de bloques básico de la hidrólisis del óxido de etileno separando el agua por destilación. Elaboración propia a partir de Adrian et col., 2003

El reactor de hidrólisis se hace trabajar, usualmente, a temperaturas desde 120 °C hasta 250 °C y a presiones desde 30 hasta 40 atm. (Adrian et col., 2003)

Con el fin de analizar con mayor detalle esta secuencia de separación y así hacer una comparativa de mayor alcance con la opción de la extracción, se ha elaborado un diagrama de bloques de mayor detalle (Figura 2.9).

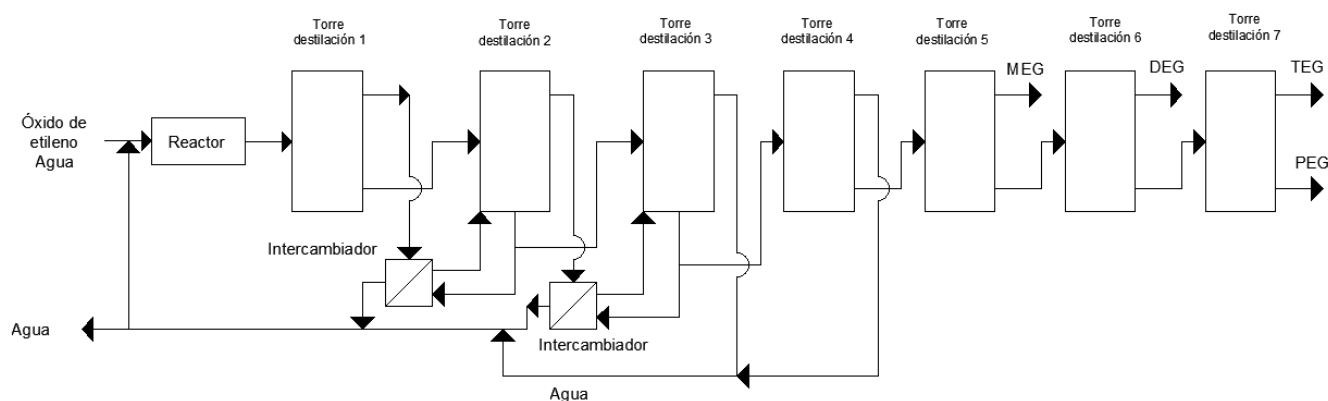


Figura 2.9. Diagrama de bloques de detalle de la hidrólisis del óxido de etileno separando el agua por destilación. Elaboración propia a partir de Adrian et col., 2003.

Con apoyo de la Figura 2.9 se explica la eliminación del agua llevada a cabo, por regla general, en una cascada de columnas que presentan una presión escalonada, con presiones en disminución. (Adrian et col., 2003)

De acuerdo con el contenido en agua de la descarga del reactor y del nivel de presión/temperatura del vapor aportado en la primera columna, se emplearán desde 2 hasta 7 columnas en cascada para la eliminación del agua. Por ejemplo, en este caso serán empleadas tres columnas a presión y una a vacío. (Adrian et col., 2003)

Por motivos de integración energética se calienta únicamente el evaporador de colas de la primera columna con vapor aportado, mientras que, por el contrario, las otras cuatro columnas emplean el agua de cabezas de las columnas precedentes, correspondientes. La alimentación se produce respectivamente en colas de las columnas, por debajo del primer plato, puesto que para la separación del agua y de los glicoles no es necesaria una zona de agotamiento; excepto para la cuarta columna que sí se lleva a cabo en una columna con zona de agotamiento. El agua que se obtiene en las cuatro columnas anteriores se recicla hasta un punto situado por delante del reactor de hidrólisis. (Adrian et col., 2003)

La solución liberada del agua que contiene los glicoles se descompone en los productos puros en una sección de separación compuesta por tres columnas de destilación. Los productos monoetilenglicol, dietilenglicol y trietilenglicol se retiran respectivamente como productos de cabezas; obteniéndose todos los otros glicoles superiores en forma de una mezcla, los polietilenglicoles, a modo de producto de colas de la última columna. (Adrian et col., 2003)

2.3.1.2. Separación de EG del agua por extracción

La secuencia de separación por extracción constituye una alternativa en la cual se reduciría el gran consumo energético de la alternativa anterior, derivado de la evaporación del agua presente. Sin embargo, sería necesaria la adicción de un disolvente que posteriormente debe ser recuperado, añadiendo así costes relativos a este. Así mismo, se requiere un análisis de la capacidad extractiva y riesgos derivados del disolvente; además, de la evaluación de la solubilidad diferencial de los etil-glicoles en el disolvente respecto a la de los etil-glicoles en el agua, fuerza impulsora de esta operación de transferencia de materia. Es decir, sería necesaria la consideración de un mayor número de factores técnicos. Por último, los extractores o torres de extracción no son equipos tan habituales en la industria como las columnas de separación; en consecuencia, se encarecería el coste de capital de este equipo al requerir de un diseño no convencional. El diagrama de bloques básico de esta alternativa se recoge en la Figura 2.10. (Gong et col., 2012)

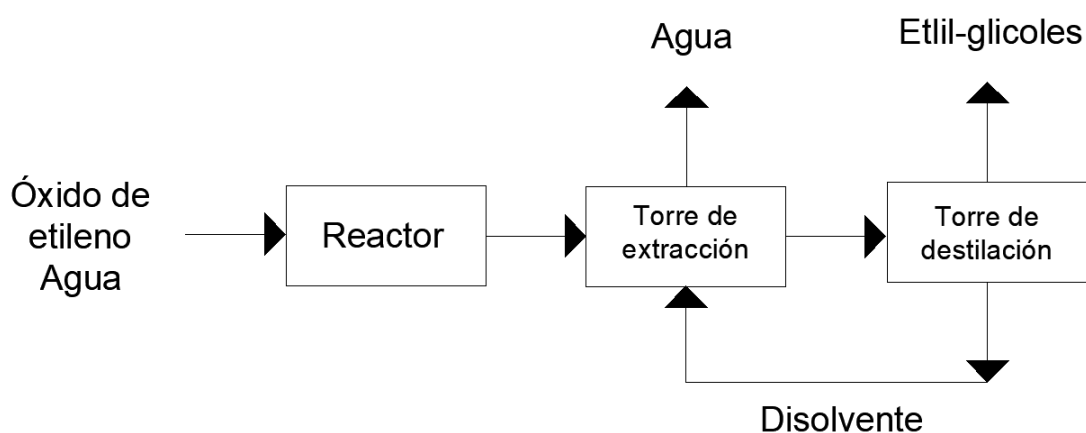


Figura 2.10. Diagrama de bloques básico de la hidrólisis del óxido de etileno separando el agua por extracción. Elaboración propia a partir de Adrian et col., 2003

Con el fin de analizar con más especificación esta secuencia de separación se ha elaborado un diagrama de bloques de mayor detalle (Figura 2.11).

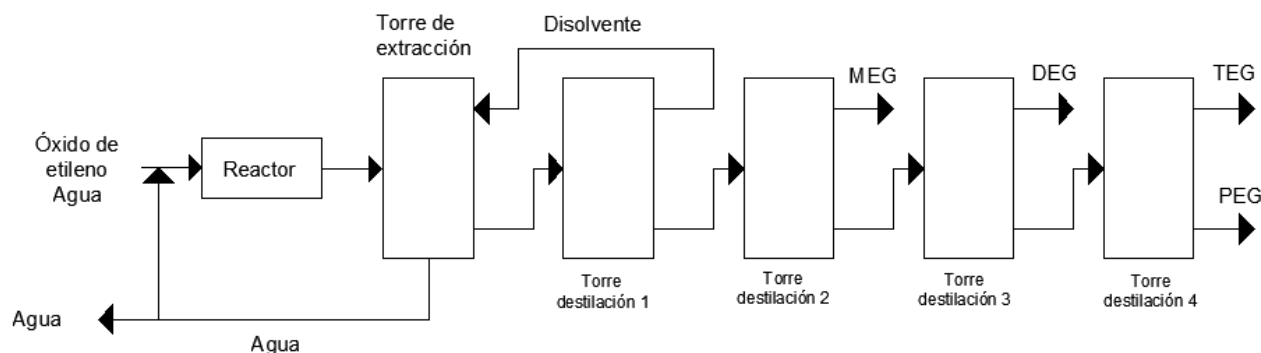
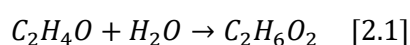


Figura 2.11. Diagrama de bloques de detalle de la hidrólisis del óxido de etileno separando el agua por extracción. Elaboración propia a partir de Adrian et col., 2003

Con apoyo de la Figura 2.11 se explica la eliminación del agua llevada a cabo, por regla general, en un extractor en el cual un determinado disolvente es el encargado de separar el agua de los etil-glicoles. A continuación, el agua es recirculada a un punto anterior al reactor de hidrólisis. Las condiciones de reacción son coincidentes a las de la opción de separación por destilación. A su vez, la solución liberada del agua que contiene los glicoles y se encuentra mezclada con el disolvente es mandada a una secuencia de separación constituida por cuatro columnas de destilación. Estas columnas son las encargadas de separar los distintos etil-glicoles y recuperar el disolvente que volverá a introducirse en el extractor. En primer lugar, el disolvente se retira como producto de cabezas de la primera columna; posteriormente, los productos monoetilenglicol, dietilenglicol y trietilenglicol se separan respectivamente como productos de cabezas; obteniéndose todos los otros glicoles superiores a modo de producto de colas de la última columna. Esta secuencia de separación puede cambiar en función del disolvente finalmente seleccionado. (Adrian et col., 2003)

2.3.1.3. Balance de beneficio bruto para la hidrólisis del óxido de etileno

Por último, se presenta el balance de beneficio bruto realizado para las dos anteriores alternativas, el cual es común al involucrar a los mismos reactivos, productos y subproductos en la reacción principal (reacción [2.1]).



Se ha empleado la ecuación [2.2] y los valores recogidos en la Tabla 2.2 para calcular dicho balance.

$$BB = \sum_{i=1}^n \frac{n_i * Pm_i}{n_p * Pm_p} \cdot precio_i - \sum_{j=1}^n \frac{n_j * Pm_j}{n_p * Pm_p} \cdot precio_j \quad [2.2]$$

Donde:

n, número de moles estequiométricos [mol].

P_m, pesos moleculares de las sustancias [kg/mol].

precio, precio de las sustancias [€/kg].

i, productos y subproductos.

j, reactivos.

p, producto de interés.

Tabla 2.2. Valores para el cálculo del beneficio bruto de la hidrólisis del óxido de etileno.

Elaboración propia a partir de ICIS, 2018)

Hidrólisis del óxido de etileno			
	Óxido de etileno ^[1]	Agua ^[2]	Etil-glicol ^[3]
mol	1	1	1
Peso molecular (kg/mol)	0,0441	0,0180	0,0621
kg	0,0441	0,0180	0,0621
kg/kg de etil-glicol	0,710	0,290	1
€/kg	-1,373	-	1,346
€/kg de etil-glicol	-0,974	-	1,346
BB (€/kg de etil-glicol)	0,372		

Leyenda:

^[1]Precio indicativo para 2008 de *Chemical Market Reporter* (ahora renombrado e incorporado a *ICIS Chemical Business*).

^[2]En este primer balance se ha considerado el precio del agua desmineralizada como nulo, ya que es extremadamente bajo en comparación con el resto de compuestos; en consecuencia, no modifica el valor final del BB.

^[3]Precio indicativo para 2006 de *Chemical Market Reporter* (ahora renombrado e incorporado a *ICIS Chemical Business*).

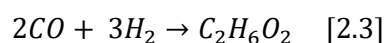
En conclusión a la evaluación de los distintos procesos de transformación química mediante el análisis de los valores resultantes de los beneficios brutos, se determina que de manera teórica

esta alternativa no sería descartada; dado que el BB resultante es positivo (**0,372 €/kg de etil-glicol**).

2.3.2. Gas de síntesis

Aunque el etil-glicol suele producirse a partir del etileno resulta potencialmente más barato producirlo a partir de gas de síntesis, una mezcla de monóxido de carbono e hidrógeno que se puede obtener del gas natural, residuos pesados de petróleo o incluso biomasa. (Dombek, 1986)

Aunque hay varias posibles rutas de reacción, la directa es teóricamente la más eficiente y simple (reacción [2.3]). (Dombek, 1986)



De entre todos los catalizadores existentes que permiten transformar el gas de síntesis, los de rutenio permiten convertir el gas de síntesis a metanol y empleados junto con sales de iodo producen también etil-glicol. Estos catalizadores de rutenio con sales de iodo tienen una elevada conversión y producen etil-glicol junto con metanol y pequeñas cantidades de gliceraldehído, como se puede ver en la Figura 2.12. (Dombek, 1986)

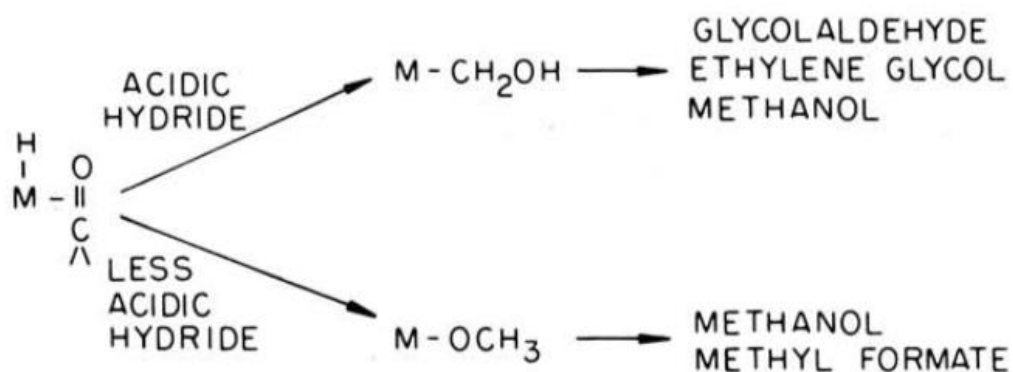


Figura 2.12. Rutas de reacción del gas de síntesis. (Dombek, 1986)

No obstante, el principal problema de estos catalizadores es que producen mayormente metanol en lugar del más valioso etil-glicol. Se ha descubierto que si además se añaden pequeñas cantidades de rodio esto tiene unos efectos importantes en la selectividad, incrementando considerablemente el ratio entre etil-glicol y metanol sin afectar a la conversión del sistema. (Dombek, 1986)

El diagrama de bloques de esta alternativa como se puede ver en la Figura 2.13 se compone de un reactor catalítico donde reacciona el gas de síntesis. Posteriormente, está la fase de separación donde se separa el etil-glicol del metanol. (Dombek, 1986)

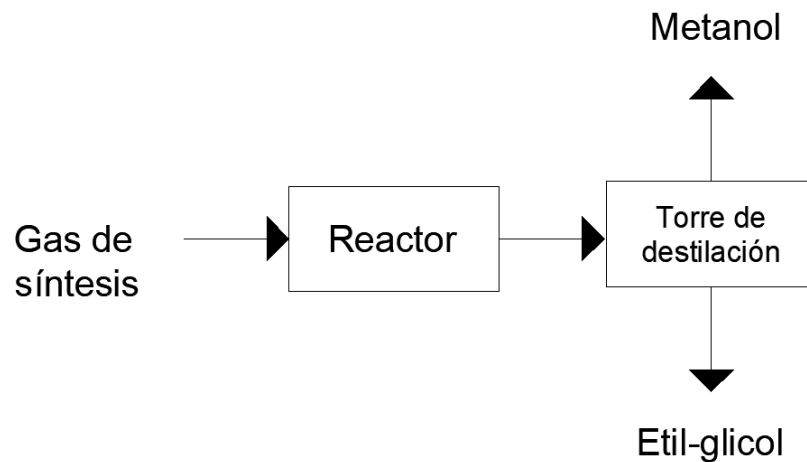


Figura 2.13. Diagrama de bloques de la alternativa del gas de síntesis. Elaboración propia a partir de Dombek, 1986

Esta alternativa consta de dos unidades de proceso, un reactor y una unidad de separación para separar los dos productos principales, el metanol y el etil-glicol. (Dombek, 1986)

El catalizador empleado ofrece rendimientos cercanos al 100% y tiene una selectividad de entre el 30% y el 60% para el etil-glicol, dependiendo de varios factores como la presión de operación o la proporción entre CO y H₂ en la corriente de alimentación. Esta variación de la selectividad le aporta una elevada flexibilidad al proceso, ya que permite cambiar la distribución de los productos de reacción variando la presión de operación. Este reactor opera a temperaturas de entre 140 °C y 250 °C y a una presión de entre 3 y 5 atm. (Dombek, 1986)

Posteriormente se encuentra la operación de separación del metanol y el etil-glicol que puede llevarse a cabo por destilación. (Dombek, 1986)

Andalucía cuenta con varias fuentes de gas de síntesis como pueden ser la refinera que se encuentra en San Roque o la biomasa procedente de la industria de la aceituna. Por lo que, el gas de síntesis sería una materia prima fácilmente accesible. (Dombek, 1986)

La situación de la planta en el puerto de San Roque facilita el transporte tanto marítimo como terrestre, ya que permite que las materias primas y subproductos se puedan transportar en camiones o mediante barcos. (Dombek, 1986)

El principal subproducto de este proceso, que se genera en grandes cantidades, es el metanol; aunque tiene un gran mercado no resulta tan interesante de producir como el etil-glicol debido a su bajo precio. (Dombek, 1986)

No se va a realizar en este apartado un cálculo del beneficio bruto debido a la variación del precio del gas de síntesis dependiendo de su origen, además no existen fuentes fiables y actualizadas de su precio. (Dombek, 1986)

2.3.3. Conversión de celulosa

La biomasa es un tipo de energía renovable proveniente de la fotosíntesis. El principal componente no comestible de la biomasa es la celulosa, por lo que su utilización es ideal como materia prima para la industria química y la energética. No obstante, despolimerizarla supone un problema debido que a sus puentes de hidrógeno hacen que sea insoluble en la mayor parte de los disolventes, incluyendo el agua. Solo se puede despolimerizar hasta cierto punto con ácidos minerales o agua supercrítica. (Wang et col., 2013)

La celulosa tiene un ratio O/C mucho más elevado que los combustibles fósiles, este exceso de oxígeno tiene que ser eliminado para transformarla a combustibles fósiles. Por otra parte, si se transforma la celulosa a otros compuestos hidrogenados, como los polioles, muchos de los compuestos funcionales oxigenados se conservan en los productos objetivo. Existen varias rutas de reacción que parten de la celulosa como se puede ver en la Figura 2.14, las cuales producen compuestos orgánicos de alto valor añadido. (Wang et col., 2013)

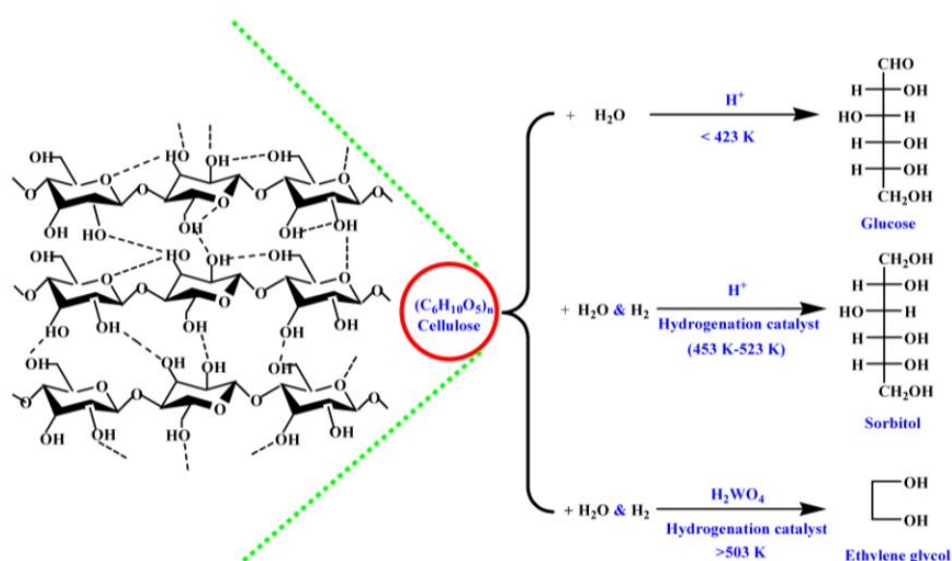


Figura 2.14. Productos de la celulosa. (Wang et col., 2013)

Recientemente se han descubierto una serie de catalizadores heterogéneos que facilitan su despolimerización bajo ciertas condiciones. La conversión selectiva de celulosa a etil-glicol se da bajo ciertos sistemas catalíticos como se puede observar en la Figura 2.15, entre los que destacan los basados en tungsteno debido a su elevada selectividad y actividad catalítica. (Wang et col., 2013)



Figura 2.15. Posibles rutas de reacción. (Wang et col., 2013)

El catalizador de tungsteno se transforma parcialmente a bronce de tungsteno y rompe los enlaces C-C de los azúcares para producir glicolaldehído, su hidrogenación produce etil-glicol en la superficie de un metal de transición. Se pueden alcanzar rendimientos superiores al 60%. (Wang et col., 2013)

Aunque se han hecho grandes avances en la transformación de celulosa en etil-glicol, todavía se requiere un mayor conocimiento del proceso a nivel molecular para comprender mejor el mecanismo de reacción y para conseguir un método de la eliminación de la lignina y los minerales de la biomasa en bruto. (Wang et col., 2013)

El diagrama de bloques de esta alternativa, Figura 2.16, se compone de una fase de pretratamiento donde se elimina parte de la lignina y compuestos minerales, seguida de una etapa de reacción donde la celulosa se transforma en etil-glicol y algunos polioles y monofenoles. Por último, está la fase de purificación donde se separa el etil-glicol de los subproductos. (Wang et col., 2013)

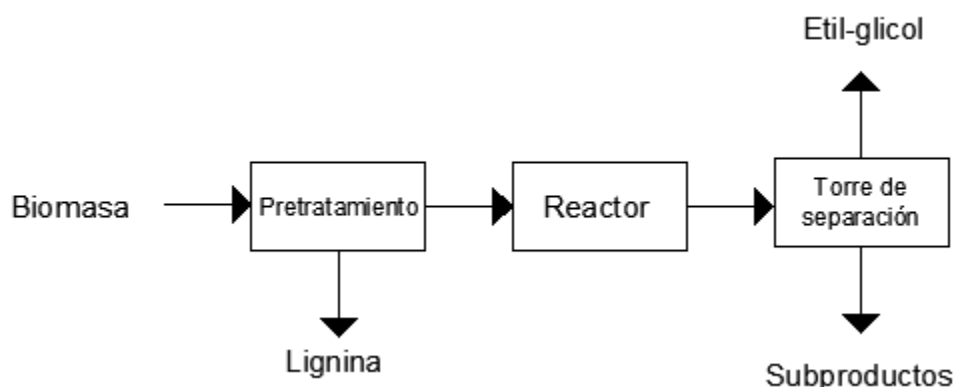


Figura 2.16. Diagrama de bloques de la transformación de la celulosa. Elaboración propia a partir de Wang et col., 2013

Esta alternativa se basa en un proceso continuo que se compone de tres unidades de proceso, una primera unidad de pretratamiento que se encarga de eliminar gran parte de la lignina y los compuestos minerales; ya que estos reducen significativamente el rendimiento del catalizador. (Wang et col., 2013)

Posteriormente la celulosa entra en un reactor catalítico donde se produce la reacción a temperaturas de entre 240 °C y 250 °C y a una presión de 60 atm. En la reacción se puede llegar a alcanzar un rendimiento cercano al 100% con una selectividad de hasta el 75% para la producción de etil-glicol, la selectividad se reduce significativamente a medida que aumenta la cantidad de lignina presente en la corriente de alimentación. (Wang et col., 2013)

Una vez finalizada la etapa de reacción se debe purificar el etil-glicol, mediante una columna de destilación, de otros subproductos como polioles y monofenoles. (Wang et col., 2013)

Esta alternativa es un proceso que actualmente se encuentra todavía en investigación, pero que podría suponer una gran ventaja al sustituir el petróleo por una fuente renovable como es la biomasa; además, es relativamente sencillo cambiar la distribución de los subproductos reduciendo en mayor o menor medida la cantidad de lignina en el pretratamiento. (Wang et col., 2013)

Andalucía cuenta con una gran industria oleícola que produce una gran cantidad de biomasa, actualmente se emplea en parte para la producción de energía eléctrica en centrales térmicas. (Agencia andaluza de la energía, 2017)

La situación de la planta en el puerto de San Roque facilita el transporte tanto marítimo como terrestre, ya que permite que las materias primas y subproductos se puedan transportar en camiones o mediante barcos. (Wang et col., 2013)

Los subproductos principales son principalmente compuestos como el sorbitol o el manitol y otros compuestos orgánicos que alcanzan un precio relativamente elevado en el mercado. (Wang et col., 2013)

No se va a realizar en este apartado un cálculo del beneficio bruto debido a la variación del precio de la celulosa por la ausencia de fuentes fiables y actualizadas del coste de la biomasa y a que, dependiendo de su origen y del tipo, la proporción de celulosa y lignina se modifica; lo que afectaría en gran medida a la rentabilidad económica del proceso. (Wang et col., 2013)

No obstante, la biomasa en general es una fuente renovable y barata debido a que permite aprovechar los residuos generados por la actividad forestal y agrícola, mientras que el etil-glicol y los polioles son productos con un elevado valor añadido. En consecuencia, el proceso sería rentable siempre que la cantidad de lignina a la entrada del reactor sea baja. Esto convierte a la fase de pretratamiento en una operación crítica para la rentabilidad económica del proceso. (Wang et col., 2013)

2.3.4. Comparación de alternativas

En este apartado se muestra un resumen y una comparativa de las diversas alternativas de aplicación industrial, en forma de tres tablas que constituyen un *check list* pormenorizado de las mismas. La primera tabla (Tabla 2.3) hace referencia a los distintos factores técnicos que afectan a las alternativas, la segunda (Tabla 2.4) trata los aspectos relativos a las materias primas, mientras que la tercera (Tabla 2.5) desarrolla los residuos y subproductos generados por cada una de las alternativas.

Tabla 2.3. Factores técnicos que afectan a las alternativas. Tabla de elaboración propia

Factores técnicos	Hidrólisis del óxido de etileno por destilación	Hidrólisis del óxido de etileno por extracción	Gas de síntesis	Conversión de celulosa
Consumo de energía de la separación	Alto	Bajo	Medio	Medio
Número de operaciones en el proceso	2	2	2	3
Presión en el reactor (atm)	30 - 40	30 - 40	3 - 5	60
Temperatura en el reactor (°C)	120 - 250	120 - 250	140 - 250	240 - 250
Estado de la tecnología	Disponible	Disponible	Disponible	En investigación
Dificultad técnica del proceso	Baja	Baja	Media	Media - alta
Continuo/batch	Continuo	Continuo	Continuo	Continuo
Rendimiento	99%	99%	30- 60%	Hasta el 75%
Flexibilidad del proceso	Media	Media	Alta	Media
Seguridad	Riesgo alto	Riesgo alto	Riesgo moderado	Riesgo bajo
Utilidades especiales	No	No	No	No
Condiciones de operación especiales	Sí	Sí	No	Sí
VALORACIÓN GLOBAL				

Leyenda: **Rojo:** factor de valoración negativa; **Amarillo:** factor valoración intermedia; **Verde:** factor de valoración positiva.

Tabla 2.4. Factores relativos a las materias primas. Tabla de elaboración propia

Factores de las materias primas	Hidrólisis del óxido de etileno por destilación	Hidrólisis del óxido de etileno por extracción	Gas de síntesis	Conversión de celulosa
Materias primas comunes con otros procesos	Sí	Sí	Sí	No
Disponibilidad de materias primas	Buena	Buena	Buena	Buena
Preprocesado	No	No	No	Sí
Infraestructura de transporte	Sí	Sí	Sí	Sí
Proximidad de mercados	Sí	Sí	Sí	Sí
VALORACIÓN GLOBAL				

Leyenda: **Rojo:** factor de valoración negativa; **Amarillo:** factor valoración intermedia; **Verde:** factor de valoración positiva.

Tabla 2.5. Factores que afectan a los residuos y subproductos. Tabla de elaboración propia

Factores de los residuos y subproductos	Hidrólisis del óxido de etileno por destilación	Hidrólisis del óxido de etileno por extracción	Gas de síntesis	Conversión de celulosa
Cantidad	Baja	Baja	Elevada	Media
Valor subproductos	Medio - alto	Medio - alto	Bajo	Alto
Principales subproductos	DEG, TEG y PEG	DEG, TEG y PEG	Metanol	Polioles y monofenoles
Infraestructura de transporte	Si	Si	Si	Si
Proximidad de mercados	Si	Si	Si	Si
VALORACIÓN GLOBAL				

Leyenda: **Rojo:** factor de valoración negativa; **Amarillo:** factor valoración intermedia; **Verde:** factor de valoración positiva.

En resumen, según lo descrito en las Tablas 2.3, 2.4 y 2.5 y en los apartados anteriores, se puede concluir que la mejor alternativa es la hidrólisis del óxido de etileno empleando la secuencia de separación por extracción.

2.3.5. Estudio de la seguridad de las alternativas

2.3.5.1. Definiciones





A continuación, se presentan las definiciones relevantes en materia de seguridad en relación a incendios y explosiones.

- Punto flash o punto de destello: la más bajas temperatura a la cual los vapores formados a partir de un líquido pueden arder. (*Crowld et col., 2011*)
- Límite inferior de inflamabilidad o límite inferior de explosividad (LII): la más baja concentración de vapor o gas (como % en volumen de la sustancia en aire) que produce un incendio flash en presencia de una fuente de ignición (llama, calor, chispa eléctrica). (*Crowld et col., 2011*)
- Límite superior de inflamabilidad o límite superior de explosividad (LSI): la más alta concentración de vapor o gas (como % en volumen de la sustancia en aire) que produce un incendio flash en presencia de una fuente de ignición (llama, calor, chispa eléctrica). (*Crowld et col., 2011*)
- Temperatura de autoignición: temperatura por encima de la cual hay energía disponible en el ambiente para proporcionar una fuente de ignición. (*Crowld et col., 2011*)

2.3.5.2. Inventario de sustancias

A continuación, se presenta en la Tabla 2.6 el inventario de sustancias para las alternativas de la hidrólisis del óxido de etileno. Destacar que la información relativa al furfural solo sería de aplicación para la separación por extracción, ya que esta sustancia es el disolvente empleado; es decir, el tipo de separación únicamente modifica las sustancias que intervienen en el proceso según lo explicado.

Tabla 2.6. Inventario de sustancias de las alternativas de la hidrólisis del óxido de etileno.
Elaboración propia a partir de Messer Ibérica de Gases SAU, 2013; Carl Roth, 2015a; Carl Roth, 2015b; MERCK, 2017a y MERCK, 2017b

Sustancia	Pictograma	Clasificación CLP	Punto flash (°C)	LII (%)	LSI (%)	T.A. (°C)
Óxido de etileno		H335, H220, H280, H315, H319, H331, H340, H350, H230, P202, P260, P280, P210, P302, P352, P304, P340, P315, P305, P351, P338, P308, P313, P332, P377, P381, P403, P405	N.A.	2,6	100	435
Furfural		H301, H331, H312, H315, H319, H335, H351, P302, P352, P304, P340, P305, P351, P338, P308, P310	60	2,1	19,3	315
Monoetilenglicol		H302, H373, P260, P301, P312	111	3,2	43	398
Dietilenglicol		H302, P301, P312	138	0,7	22	372
Trietilenglicol	N.A.	N.A.	165	0,9	9,2	N.D.

Leyenda:





T.A.: temperatura de autoignición.

N.A.: no aplica.

N.D.: no disponible.

Se presenta en la Tabla 2.7 el inventario de sustancias para la alternativa del gas de síntesis.

Tabla 2.7. Inventario de sustancias para la alternativa del gas de síntesis. Elaboración propia a partir de Carl Roth, 2015a; AL AIR LIQUIDE ESPAÑA S.A., 2010; International Gases Company, 2012 y Carl Roth, 2015c

Sustancia	Pictograma	Clasificación CLP	Punto flash (°C)	LII (%)	LSI (%)	T.A. (°C)
Monoetilenglicol		H302, H373, P260, P301, P312	111	3,2	43	398
Monóxido de carbono		H220, H280, H331 H360, H372, P202, P210, P260, P304, P340, P315, P308, P313, P377, P381, P403, P405	N.A.	10,9	74,2	620
Hidrógeno		H220, H280, P210, P377, P381, P410, P403	N.A.	4,0	75	500
Metanol		H225, H301, H331, H311, H370, P210, P270, P280, P303, P361, P353, P304, P340, P308, P311	9,7	5,5	44	455


Leyenda:

T.A.: temperatura de autoignición.

N.A.: no aplica.

En último lugar, se presenta en la Tabla 2.8 el inventario de sustancias para la alternativa de la conversión de celulosa.

Tabla 2.8. Inventario de sustancias para la alternativa de la conversión de celulosa. Elaboración propia a partir de Carl Roth, 2015a

Sustancia	Pictograma	Clasificación CLP	Punto flash (°C)	LII (%)	LSI (%)	T.A. (°C)
Monoetilenglicol		H302, H373, P260, P301, P312	111	3,2	43	398


Leyenda:

T.A.: temperatura de autoignición.

La celulosa, el sorbitol o el manitol no han sido clasificados como peligrosos y no requieren de registro (REACH, art. 2 (7a) y Anexo IV); en consecuencia, estas sustancias no aparecen reflejadas en la Tabla 2.8. *(Reglamento (CE) N° 1907/2006) (Acofarma Distribución S.A., 2013)*

Con el fin de esclarecer el significado de los pictogramas presentados en las Tablas 2.6, 2.7 y 2.8 se presenta la consiguiente leyenda de los mismos en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9. Leyenda de pictogramas. Elaboración propia a partir de European Chemicals Agency & European Agency for Safety and Health at Work, 2013

Pictograma	Símbolo	Significado
	Bombona de gas	<ul style="list-style-type: none"> - Contiene gas a presión, peligro de explosión en caso de calentamiento - Contiene gas refrigerado, puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas
	Llama	<ul style="list-style-type: none"> - Gas extremadamente inflamable - Aerosol extremadamente inflamable - Líquido y vapores muy inflamables - Líquido y vapores inflamables - Sólidos inflamables
	Peligro para la salud	<ul style="list-style-type: none"> - Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias - Perjudica a determinados órganos - Puede perjudicar la fertilidad o al feto <ul style="list-style-type: none"> - Producto carcinógeno - Se sospecha que produce cáncer - Puede provocar defectos genéticos - Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación
	Calavera	<ul style="list-style-type: none"> - Presenta toxicidad aguda en contacto con la piel - Puede ser letal si se inhala o se ingiere
	Signo de exclamación	<ul style="list-style-type: none"> - Puede irritar las vías respiratorias - Puede provocar somnolencia o vértigo - Puede provocar una reacción alérgica en la piel <ul style="list-style-type: none"> - Provoca irritación ocular grave - Nocivo en caso de ingestión - Nocivo en contacto con la piel - Nocivo en caso de inhalación - Nocivo para la salud pública y el medio ambiente por destruir el ozono estratosférico

En resumen, a los inventarios de sustancias presentados, las alternativas que entrañan una mayor peligrosidad debido a las características de las sustancias empleadas son las relativas a la hidrólisis del óxido de etileno; ya que presentan óxido de etileno y sus límites de inflamabilidad

son extremadamente amplios. Después, se encontraría la alternativa del gas de síntesis debido a la presencia de monóxido de carbono; por último, la más segura desde el punto de vista del inventario de sustancias sería la alternativa de conversión de celulosa.

2.3.5.3. Estudio de reactividad descontrolada

Una vez definido el inventario de sustancias para cada una de las alternativas de análisis, se realizará el estudio de la reactividad descontrolada de los compuestos presentes en cada una de ellas de manera individualizada.

Se ofrece una recopilación de los distintos peligros posibles en la Tabla 2.10 tanto para la primera y segunda alternativas, ya que los compuestos involucrados son los mismos a excepción del furfural (solo aplica para la separación por extracción) al modificarse únicamente la secuencia de separación. La tercera alternativa es analizada en la Tabla 2.11. Por último, no se presentan peligros de la cuarta alternativa; puesto que estas sustancias en las fichas de seguridad basadas en el Reglamento REACH son consideradas sin peligros (consultar anterior apartado) y por ello, se contemplan como seguras.

Tabla 2.10. Estudio de la reactividad descontrolada para hidrólisis del óxido de etileno. Elaboración propia a partir de Messer Ibérica de Gases SAU, 2013; Carl Roth, 2015a; Carl Roth, 2015b; MERCK, 2017a y MERCK, 2017b

Sustancias	R.D. con agua	R.D. con aire	M.A. ^[1]	R.E. / R.V.	R.Ex. / P.I.	Recom.	P.D.P
Óxido de etileno	-	Vapores pueden formar una mezcla explosiva con el aire a temperaturas normales	Descomposición violenta a altas temperaturas y/o presión o en presencia de un catalizador. Puede polimerizarse	Posibles R.V. con: materias oxidantes	-	Manténgase alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. Evitar humedades. Materiales incompatibles: aire y oxidante	Combustión incompleta: óxidos de carbono. No se deben producir en condiciones normales de almacenamiento y uso
Furfural	Tras calentamiento intenso, las mezclas vapor/agua son explosivas	Sustancia peroxidable, tras fuerte calentamiento es susceptible de reaccionar con el aire y conducir a una inflamación espontánea	-	Posibles R.V. con: hidróxidos alcalinos, álcalis, agentes oxidantes fuertes y ácidos	R.Ex. con: ácidos minerales	Evitar calentamiento fuerte. Materiales incompatibles: goma y plásticos diversos	Incendio: gases de combustión o vapores peligrosos
Etilenglicol	-	Calentando, los vapores pueden formar una mezcla explosiva con el aire	-	Posibles R.V. con: álcalis (lejía), aluminio, ácido sulfúrico concentrado, muy comburente y percloratos	-	Temperatura de almacenaje recomendada: 15 - 25 °C. Materiales incompatibles: aluminio	Incendio: gases de combustión o vapores peligrosos
Dietilenglicol	-	Calentando, los vapores pueden formar una mezcla explosiva con el aire	-	R.E. con: muy comburente	-	Temperatura de almacenaje recomendada: 15 - 25 °C	Incendio: gases de combustión o vapores peligrosos
Trietilenglicol^[2]	-	Tras fuerte calentamiento, los vapores pueden formar una mezcla explosiva con el aire	-	R.E. con: bases, ácidos fuertes, peróxido de hidrógeno, oxidantes y oxígeno. Posibles R.V. con: isocianatos, permanganatos, peróxidos, halogenóxidos y persulfato	-	Considerar crítico un intervalo a partir de aprox. 15 K por debajo del punto de inflamación. Evitar humedad. Materiales incompatibles: cinc	Incendio: gases de combustión o vapores peligrosos

Leyenda:

R.D.: reacciones descontroladas.

M.A.: materiales autorreactivos.

R.E.: reacción exotérmica.

R.V.: reacción violenta.

R.Ex.: riesgo explosión.

P.I.: peligro ignición.

Recom.: recomendaciones.

P.D.P.: productos de descomposición peligrosos.

^[1]Únicamente se ha considerado en la Tabla 2.10 la autorreactividad de los compuestos en relación a la polimerización, puesto que los otros fenómenos no tienen lugar (justificación en la anotación 4 del siguiente subapartado).

^[2]Sensible a la humedad, a la luz y al aire.

Tabla 2.11. Estudio de la reactividad descontrolada de la alternativa del gas de síntesis. Elaboración propia a partir de Carl Roth, 2015a; AL AIR LIQUIDE ESPAÑA S.A., 2010; International Gases Company, 2012 y Carl Roth, 2015c

Sustancias	R.D. con agua	R.D. con aire	M.A. ^[1]	R.E. / R.V.	R.Ex. / P.I.	Recom.	P.D.P
Monóxido de carbono	-	Vapores pueden formar una mezcla explosiva con el aire a temperaturas normales	-	Posibles R.V. con: materias oxidantes	-	Temperatura de almacenaje recomendada: por debajo de 50°C. Manténgase alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. Materiales incompatibles: aire y oxidante	-
Metanol	-	Riesgo de ignición. Vapores pueden formar con aire una mezcla explosiva a temperaturas normales	-	Posibles R.V. con: muy comburente	-	-	Incendio: gases de combustión o vapores peligrosos
Hidrógeno	-	Vapores pueden formar una mezcla explosiva con el aire a temperaturas normales	-	-	P.I. cuando se mezcla con materiales combustibles, metales alcalinos y materiales oxidantes	Materiales incompatibles: combustibles, metales alcalinos y materiales oxidantes	Óxidos de carbono
Etilenglicol	-	Calentando, los vapores pueden formar una mezcla explosiva con el aire	-	Posibles R.V. con: álcalis (lejía), aluminio, ácido sulfúrico concentrado, muy comburente y percloratos	-	Temperatura de almacenaje recomendada: 15 - 25 °C. Materiales incompatibles: aluminio	Incendio: gases de combustión o vapores peligrosos

Leyenda:

R.D.: reacciones descontroladas.

M.A.: materiales autorreactivos.

R.E.: reacción exotérmica.

R.V.: reacción violenta.

R.Ex.: riesgo explosión.

P.I.: peligro ignición.

Recom.: recomendaciones.

P.D.P.: productos de descomposición peligrosos.

^[1]Únicamente se ha considerado en la Tabla 2.11 la autorreactividad de los compuestos en relación a la polimerización, puesto que los otros fenómenos no tienen lugar (justificación en la anotación 4 del siguiente subapartado).

2.3.5.3.1. Anotaciones de la reactividad descontrolada

- Reacciones descontroladas con agua: recogidas en la Tabla 2.10, siendo el furfural el único compuesto susceptibles de reaccionar con el agua, aunque para que tengan lugar debe producirse un calentamiento intenso y haberse generado vapores de furfural.
- Reacciones descontroladas con aire: recogidas en las Tablas 2.10 y 2.11. Cabe destacar las sustancias peroxidables, susceptibles de reaccionar con el aire y conducir a una inflamación espontánea. Sin embargo, solo se presentan en el proceso a través del furfural ya que es susceptible de producir peróxidos al poseer enlaces dobles. (*Crowld et col., 2011*)
- Incompatibilidad química. Materiales oxidantes: no aplica.
- Materiales autorreactivos. Polimerizantes (Tabla 2.10), sensibles a impactos, descomposición térmica o descontrol de reacciones por aceleración térmica. Se evalúan:

- Sustancias con ciertos grupos funcionales con enlaces débiles: el furfural posee enlaces dobles entre carbonos, pero no es considerada como una sustancia autorreactiva. En el resto de compuestos no existen ni enlaces dobles ni triples; entre otros.
- Sustancias caracterizadas por calores de formación muy endotérmicos: no aplica, ningún compuesto presenta un calor de formación elevado.
- Sustancias que contienen en su estructura molecular oxígeno suficiente o en exceso para autooxidación sin intervención de oxígeno exterior: no aplica, proporcionalmente ninguna sustancia posee la cantidad suficiente. (Crowld et col., 2011)

2.3.5.3.2. Diagramas de compatibilidades

Se realizará otra evaluación de la reactividad del sistema presente en las alternativas uno, dos y tres empleando el método NFPA. Este método se fundamenta en el desarrollo de códigos y normas en un proceso abierto basado en el consenso, produciendo así algunos de los más importantes materiales relativos a la protección contra incendios u otros peligros en el ámbito industrial.

La metodología NFPA se emplea en este caso para dar un aporte de información complementario al estudio de la reactividad descontrolada desarrollado; ya que, aunque sea un método americano es muy útil para dar una nueva visión gracias a su característica escala de cuantificación. Cabe destacar que el organismo americano creador de este método constituye una entidad de referencia en el mundo industrial.

Por lo tanto, se presenta el diagrama de compatibilidades para la primera y segunda alternativas (Tabla 2.12), siendo de aplicación lo relativo al furfural solo para la separación por extracción, y para la tercera alternativa (Tabla 2.14). De igual manera que para la recopilación de los posibles peligros, no se contempla la cuarta alternativa al considerarse las sustancias involucradas como no poseedoras de peligros por el Reglamento REACH y no disponer de información.

Además, se añaden los diamantes de fuego para las alternativas antes mencionadas (Tablas 2.13 y 2.15). Estas figuras geométricas presentan cuatro divisiones de distintos colores, cada color está asociado con un significado. El azul hace referencia a los peligros para la salud, el rojo indica la amenaza de inflamabilidad, el amarillo el peligro por reactividad (inestabilidad del compuesto) y el blanco hace indicaciones especiales para algunos materiales (oxidantes, corrosivos,

reactivos con agua o radiactivos). A su vez, a todas las divisiones a excepción de la blanca se les asigna un número de 0 a 4, formando una escala desde sin peligro a peligro máximo.

Tabla 2.12. Diagrama de compatibilidades de la hidrólisis del óxido de etileno. Elaboración propia a partir del programa Chemical Reactivity Worksheet 4.0 del AIChE

<div>Print Chart</div> <div>Export Chart Data</div> <div>NFPA</div> <div>Chemical Pairs</div>					A1 Compatibility Chart					
Health	Flammability	Instability	Special		DIETHYLENE GLYCOL	ETHYLENE GLYCOL	ETHYLENE OXIDE	FURFURAL	TRIETHYLENE GLYCOL	WATER
1	1	0		DIETHYLENE GLYCOL						
2	1	0		ETHYLENE GLYCOL	Y					
3	4	3		ETHYLENE OXIDE	N	N	SR			
3	2	1		FURFURAL	C	C	N			
1	1	0		TRIETHYLENE GLYCOL	Y	Y	N	C		
				WATER	Y	Y	C	Y	Y	

Leyenda:

Y (fondo verde): sustancias compatibles, no se espera reactividad peligrosa.

N (fondo rojo): sustancias no compatibles, se espera reactividad peligrosa.

C (fondo amarillo): advertencia de peligro en la interacción entre sustancias bajo ciertas condiciones.

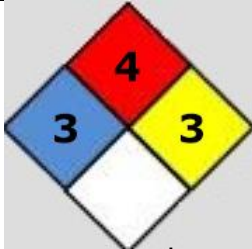
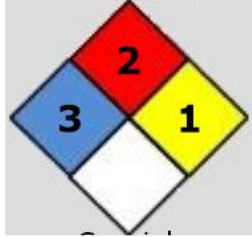
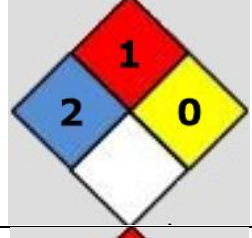
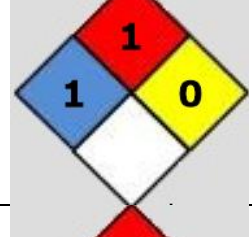
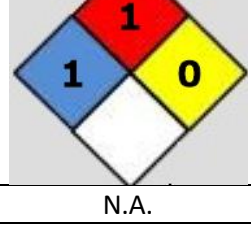
SR (fondo amarillo): sustancia autorreactiva (por ejemplo, polimerizable).

Bloque gris: ausencia de autorreactividad.

Del diagrama de compatibilidades para la ruta de reacción de la hidrólisis del óxido de etileno se reúnen las interacciones de interés, aquellas que puedan significar un peligro, entre un componente consigo mismo y entre distintos componentes:

- **Dietilenglicol - Óxido de etileno:** La reacción es exotérmica a temperatura ambiente, pudiendo llegar a ser particularmente intensa, violenta o explosiva.
- **Monoetilenglicol - Óxido de etileno:** La reacción es exotérmica a temperatura ambiente, pudiendo llegar a ser particularmente intensa, violenta o explosiva.
- **Óxido de etileno - Óxido de etileno:** El óxido de etileno es altamente inflamable, explosivo y polimerizable.
- **Óxido de etileno - Trietilenglicol:** La reacción es exotérmica a temperatura ambiente, pudiendo llegar a ser particularmente intensa, violenta o explosiva.
- **Óxido de etileno - Agua:** La reacción es exotérmica a temperatura ambiente, pudiendo llegar a ser particularmente intensa, violenta o explosiva. La reacción de polimerización puede ser intensa y causar presurización.
- **Furfural - Dietilenglicol:** La reacción es exotérmica a temperatura ambiente, pudiendo llegar a ser particularmente intensa, violenta o explosiva.
- **Furfural - Etilenglicol:** La reacción es exotérmica a temperatura ambiente, pudiendo llegar a ser particularmente intensa, violenta o explosiva.
- **Furfural - Óxido de etileno:** La reacción es exotérmica a temperatura ambiente. La reacción de polimerización puede ser intensa y causar presurización.
- **Trietilenglicol - Furfural:** La reacción es exotérmica a temperatura ambiente, pudiendo llegar a ser particularmente intensa, violenta o explosiva.

Tabla 2.13. Diamantes de fuego para la hidrólisis del óxido de etileno. Elaboración propia a partir del programa Chemical Reactivity Worksheet 4.0 del AIChE

Óxido de etileno	
Furfural	
Monoetilenglicol	
Dietilenglicol	
Trietilenglicol	
Agua	N.A.

Leyenda:

N.A.: no aplica.

En consecuencia al diagrama de compatibilidades y a los diamantes de fuego para la primera y segunda alternativas, las únicas sustancias que podrían necesitar un estudio en verdadera profundidad debido a su elevada reactividad serían el óxido de etileno y en un segundo nivel el furfural. Para poder asegurar la operación segura de los recipientes de proceso es interesante realizar un análisis de laboratorio de calorimetría para las posibles reacciones.

Tabla 2.14. Diagrama de compatibilidades de la alternativa del gas de síntesis. Elaboración propia a partir del programa Chemical Reactivity Worksheet 4.0 del AIChE

Print Chart					CARBON MONOXIDE	ETHYLENE GLYCOL	HYDROGEN	METHANOL
Export Chart Data								
Chemical Pairs								
NFPA					A2 Compatibility Chart			
Health	Flammability	Instability	Special					
3	4	0		CARBON MONOXIDE				
2	1	0		ETHYLENE GLYCOL	C			
0	4	0		HYDROGEN	Y	C		
1	3	0		METHANOL	C	Y	C	

Leyenda:

Y (fondo verde): sustancias compatibles, no se espera reactividad peligrosa.

N (fondo rojo): sustancias no compatibles, se espera reactividad peligrosa.

C (fondo amarillo): advertencia de peligro en la interacción entre sustancias bajo ciertas condiciones.

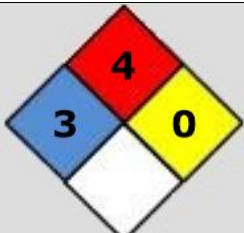
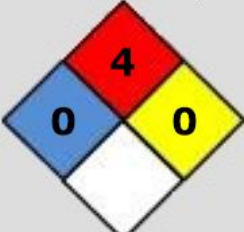
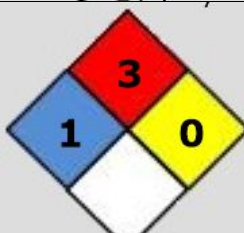
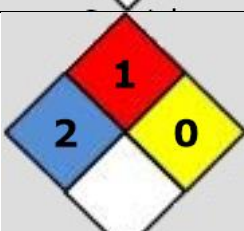
SR (fondo amarillo): sustancia autorreactiva (por ejemplo, polimerizable).

Bloque gris: ausencia de autorreactividad.

Del diagrama de compatibilidades para la alternativa de obtención de monoetilenglicol a partir de gas de síntesis se reúnen las interacciones de interés, aquellas que puedan significar un peligro, entre distintos componentes:

- **Monóxido de carbono - Monoetilenglicol:** La reacción libera productos gaseosos que pueden causar presurización y pueden ser inflamables.
- **Monóxido de carbono - Metanol:** La reacción libera productos gaseosos que pueden causar presurización y pueden ser inflamables.
- **Monoetilenglicol - Hidrógeno:** La reacción libera productos gaseosos que pueden causar presurización y pueden ser inflamables.
- **Hidrógeno - Metanol:** La reacción libera productos gaseosos que pueden causar presurización y pueden ser inflamables.

Tabla 2.15. Diamantes de fuego para la alternativa del gas de síntesis. Elaboración propia a partir del programa Chemical Reactivity Worksheet 4.0 del AIChE

Monóxido de carbono			
Hidrógeno			
Metanol			
Monoetilenglicol			

En consecuencia al diagrama de compatibilidades y a los diamantes de fuego para la tercera alternativa, ninguna de las sustancias involucradas requiere un estudio en verdadera profundidad, ya que ninguna posee una elevada reactividad.

3. ESTUDIO DE MERCADO

3.1. Introducción

El objetivo del presente estudio de mercado es aportar una visión de la situación actual y futura del mercado global y por regiones de los etil-glicoles, haciendo hincapié en el monoetilenglicol al ser el compuesto de interés de este proyecto. En consecuencia, se analizan diversos factores como datos de producción, precios, dependencia e interacción del mercado de etil-glicoles con otros mercados, factores que condicionan la dinámica del mercado y previsiones a medio – largo plazo. A su vez, también se realiza un análisis de mayor sencillez relativo a la materia prima principal de este proceso, el óxido de etileno.

Los aspectos arriba mencionados relativos al análisis del mercado serán tratados a partir de diversas fuentes de consulta, con el fin de realizar un importante contraste de información y datos; ya que las estimaciones a futuro dependen del año en el que fueron realizadas y los datos de mercado varían considerablemente de un año a otro. Es decir, se pretende tener la mayor cantidad de información posible contrastada, para así realizar un análisis lo más veraz y real posible. Por lo tanto, se presentan en la Tabla 3.1 todos los informes, noticias o artículos encontrados de relevancia; junto con un análisis de la procedencia basado en la calidad de la información encontrada, año de publicación, precio del informe, tipo de documento, disponibilidad y referencias del origen.

Tabla 3.1. Evaluación de las fuentes de consulta. Elaboración propia a partir de ^[1]

Procedencia (empresa)	Sust.	Calidad info.	Año	Precio (\$)	Tipo de documento	Dispon.	Referencia origen	Valoración final
GRAND VIEW RESEARCH	MEG DEG TEG	Alta	2015	4.450	Estudio de mercado	Prueba	Consultora reconocida con multitud de sellos de calidad	
Hexa Research	MEG	Media	2014	2.950	Estudio de mercado	Prueba	Consultora con pocos reconocimientos	
RESEARCH AND MARKETS	MEG	Media - Alta	2017	2.918	Estudio de mercado	No prueba	Consultora de consideración media	
IHS Markit	MEG DEG TEG	Muy alta	2018	6.000	Estudio de mercado	Prueba	Consultora de renombre	
technavio	EO MEG	Media	2016	2.250	Estudio de mercado	Prueba	Consultora de consideración media	
MICROMARKET MONITOR	MEG	Mala	-	-	Artículo basado en estudio propio	-	No especifica fecha de publicación	
Transparency Market Research	EO MEG	Media	2012	5.395	Estudio de mercado	Prueba	Consultora con elevados precios para su nivel de reconocimientos	
P&S MARKET RESEARCH	MEG	Media	-	5.100	Estudio de mercado	Prueba	Consultora con elevados precios para su nivel de reconocimientos. No especifica fecha de publicación	
MARKET RESEARCH FUTURE	MEG	Media - Alta	2017	4.450	Estudio de mercado	Prueba	Consultora de consideración media	
Global Market Insights	MEG	Alta	2017	4.500	Estudio de mercado	Prueba	Consultora reconocida con multitud de sellos de calidad	
Business Wire	MEG DEG TEG	Alta	2017	-	Noticia	-	Se basa en un estudio de mercado de una consultora de nivel medio (technavio)	
CISION, Sherry James	MEG DEG TEG	Alta	2018	-	Noticia	-	Se basa en un estudio de mercado de una importante consultora (GRAND VIEW RESEARCH)	
ECHEMI	MEG	Media - Alta	2017	-	Artículo	-	No hay referencias. Uso técnico y preciso del lenguaje	

[1] - GRAND VIEW RESEARCH, 2015; Hexa Research, 2014; RESEARCH AND MARKETS, 2017; IHS Markit, 2018; technavio, 2016; MICROMARKETMONITOR, 2018; Transparency Market Research, 2012; P&S MARKET RESEARCH, 2018; MARKET RESEARCH FUTURE, 2017; Global Market Insights, 2017; Business Wire, 2017; James, 2018 y ECHEMI, 2017

Leyenda:

Sust.: sustancia.

Calidad info.: calidad información.

Dispon.: disponibilidad.

Rojo: fuente de información valorada negativamente.

Amarillo: fuente de información con valoración intermedia.

Verde: fuente de información valorada positivamente.

Verde oscuro: fuente de información valorada como excelente.

3.2. Datos de producción y precios

El etil-glicol es un líquido incoloro y dulce también llamado monoetilenglicol (MEG), su manufactura produce como subproductos dietilglicol (DEG) y trietilglicol (TEG). (Hexa Research, 2014)

Los principales usos del monoetilenglicol son la producción de poliéster, resinas PET y películas de poliéster. En menor medida, este compuesto también se emplea como anticongelante, deshidratante, refrigerante, precursor de polímeros, inhibidor de hidratación y fluido para la transferencia de calor. A su vez, sus nichos de aplicación incluyen componentes para aeronaves, partes de automóviles, pesticidas, protectores de madera y agentes preservantes. En la Figura 3.1 se aprecia la distribución de las aplicaciones del MEG en el mercado americano (producción expresa como millones de dólares percibidos en ingresos), existe una gran producción desde 2013 a 2017 de fibras de poliéster y resinas PET en comparación con el uso como anticongelantes y el resto de empleos; además, se observa que esta relación en los próximos años se estima que seguirá aumentando. Como un apoyo adicional, se presenta en la parte superior de la Figura 3.2 un esquema de la distribución del mercado de monoetilenglicol por usos industriales. (Hexa Research, 2014) (Global Market Insights, 2017)

En relación a sus subproductos, el DEG se usa para la producción de poliuretanos y resinas de poliéster insaturadas, mientras que el TEG se emplea principalmente para la deshidratación del gas natural. *(Hexa Research, 2014)*

En 2014, el mercado de etilenglicoles se valoró en 33.109 millones de dólares. En el grupo de productos de este mercado, el monoetilenglicol es, con diferencia, el producto de mayor volumen con una producción de 16.511 kilotoneladas en 2013 y representa más del 90% del mercado global de los etil-glicoles. Además de ser el mayor segmento del mercado, también es el que se espera que tenga un mayor crecimiento. En cambio, el mercado global para dietilenglicol se espera que suba, pero en menor medida. *(MICROMARKETMONITOR, 2018) (GRAND VIEW RESEARCH, 2015) (IHS Markit, 2018)*

La creciente demanda de tereftalato de polietileno (PET) para aplicaciones de embalaje en la región de Asia - Pacífico, convierte a esta zona en el principal mercado localizado de etil-glicoles. Asia - Pacífico domina el mercado global de etilenglicoles y supuso en 2013 un 66,5% del volumen total de mercado. De manera más específica destacan los siguientes países: principalmente China; le siguen Indonesia, India, Taiwán, Japón, Corea del Sur, Malasia y Tailandia. Por otro lado, los mercados norteamericano y europeo de etilenglicoles han alcanzado su estado de saturación. En la Figura 3.3, se muestra la distribución del consumo de MEG en el mundo en el año 2017. Además, se presenta en la parte inferior de la Figura 2 un esquema de la distribución del mercado de monoetilenglicol por regiones. *(GRAND VIEW RESEARCH, 2015) (Hexa Research, 2014) (technavio, 2016) (P&S MARKET RESEARCH, 2018) (MARKET RESEARCH FUTURE, 2017)*

Sin embargo, los cambios en la demanda de PET harán que los precios del MEG sean volátiles, además existen otros factores que potenciarán esta variabilidad como el suministro ajustado de materias primas (óxido de etileno) y las fluctuaciones frecuentes en los precios del crudo. *(GRAND VIEW RESEARCH, 2015)*

Por empresas, el mercado se encuentra concentrado principalmente en cuatro compañías que son SABIC, Dow Chemical Company, Sinopec y Shell Chemical. Estas empresas sumaron más del 50% del mercado en 2013, siendo SABIC la de mayor importancia al dominar el mercado global de MEG en 2013 con un 28% de la cuota de mercado. El porcentaje restante se encuentra ocupado por otras compañías como Huntsman Corporation, Reliance Industries Ltd., Akzonobel, BASF, Clariant, Kuwait Petroleum Corporation, Formosa Group, Ineos Oxide, Lyondellbasell Industries, Exxon Mobil Corp. y Honam Petrochemical Corporation. *(Hexa Research, 2014) (Business Wire, 2017)*

3.2.1. Mercado de China

El principal mercado de MEG, y en consecuencia de los etilenglicoles, se encuentra en China; ya que industria del PET acapara el 25% de toda la producción de Asia - Pacífico. (*Global Market Insights, 2017*)

A través de la Figura 3.4, se pretende analizar la evolución del precio de mercado del etil-glicol en el este de China entre 2015 – 2017. El eje vertical de esta gráfica indica el precio en RMB/mt que serían CNY/t, es decir, yuan renminbi chino por tonelada. La conversión al dólar americano es 1 USD = 6,298 CNY (29/03/2018).

En la Figura 3.4 se observa que en el tercer trimestre de 2017 la tendencia del mercado de etilenglicol fue diferente a la de 2015 y 2016. En 2015 mostró una tendencia a la baja y en 2016 se movió marginalmente, pero en 2017 el mercado de etilenglicol aumentó. Además, se aprecia como en los primeros trimestres de 2017 el mercado muestra una tendencia en forma de V, ya que el precio de dicho producto aumentó de 5.650 CNY/t (898,35 USD/t) a 7.800 CNY/t (1.240,2 USD/t) desde principios de mayo hasta principios de septiembre; aumentando un 38,05%. (*ECHEMI, 2017*)

En cuanto a la producción interna de MEG, esta aumentó gradualmente alcanzado las 1.500 kt en 2017. Sin embargo, la elevada demanda de etilenglicol por la industria del poliéster (1.180 kt en 2017) no llega a ser satisfecha por la producción interna. En consecuencia, el volumen total de importación en 2017 fue de 2.310 kt, un 13,79% mayor que el 2016. A su vez, este hecho produce una elevación considerable de los precios del MEG de 2016 a 2017, como puede verse en la Figura 3.5. (*ECHEMI, 2017*)

3.3. Dependencia e interacción con otros mercados

A continuación, se analizarán los diversos mercados que interactúen y ejerzan influencia sobre el mercado de etilenglicoles.

Los cambios en los precios del óxido de etileno influyen directamente en los precios de los etilenglicoles, dado que es el principal reactivo para su producción. El mercado de dicha materia prima dependerá directamente de los suministros existentes de la misma y de las fluctuaciones frecuentes en los precios de crudo (*GRAND VIEW RESEARCH, 2015*) (*Hexa Research, 2014*)

El óxido de etileno es un gas inflamable que se usa para desinfectar y esterilizar material médico. También se emplea para producir numerosos productos como por ejemplo detergentes, plásticos y otros productos químicos como los glicoles. (*Global Market Insights, 2017*)

El MEG se consume principalmente en la producción de poliéster y PET, que posteriormente se utiliza para la producción de fibras, películas, resinas de estado sólido y otros productos de consumo. Las aplicaciones del poliéster y PET representaron el 87% del consumo mundial de MEG en 2017. (*IHS Markit, 2018*)

El rápido crecimiento del mercado de PET ha provocado un rápido aumento en el consumo de MEG. En consecuencia, se han iniciado nuevas acciones como la puesta en marcha de nuevas plantas de producción del producto de interés de este proyecto, para así servir a este mercado en crecimiento. (*IHS Markit, 2018*)

Además, la porción de MEG utilizada para producir PET ha crecido significativamente en las últimas tres décadas. Hace 30 años el PET representaba poco más del 2% del mercado de MEG, pero ahora representa más del 87%. (*IHS Markit, 2018*)

En otras palabras, el mercado de MEG se encuentra fuertemente ligado al del PET, cualquier crecimiento o caída en los mercados de PET influiría directamente en la demanda y el mercado de los etil-glicoles.

A su vez, existen otros mercados con influencia sobre el de los etilenglicoles, pero con un efecto mucho menor. Por ejemplo, el mercado de los anticongelantes, ya que es la segunda aplicación más grande de monoetilenglicol. Sin embargo, el mercado es significativamente más pequeño (7% del total en 2017) que el de PET. (*IHS Markit, 2018*)

En conclusión, el mercado de etilenglicoles dependerá de una cantidad considerable de mercados y por ello, los precios de MEG, DEG y TEG serán volátiles.

3.4. Factores condicionantes de la dinámica del mercado

En este apartado se pretende proporcionar otros factores condicionantes de la dinámica del mercado de los etilenglicoles, es decir, que ejerzan una influencia en el mismo; sin estar estos aspectos relacionados a otros mercados de materias primas o productos para cuya producción se empleen los etilenglicoles.

En general, el consumo de etilenglicoles está ampliamente vinculado a la economía general. En otros términos, su mercado se encuentra fuertemente condicionado por las ideologías políticas mundiales y su estabilidad, las intervenciones gubernamentales, la creación de leyes que afecten al sector, la presencia de conflictos bélicos, la salud económica general, la confianza de los consumidores para estimular el crecimiento y el desarrollo del mercado o dañarlo, los periodos de inflación, los periodos con crisis económicas mundiales, las preferencias de los consumidores, el ascenso o descenso de las tasas de interés, la fortaleza de la moneda, los acuerdos internacionales de carácter económico o arancelario, la situación del sector energético, el impacto ambiental generado en el proceso productivo y la percepción de los consumidores de dicho impacto, los desastres naturales... Incluso existen factores condicionantes y que aparentemente no tienen relación con el mercado de los etilenglicoles o la economía en general. (GRAND VIEW RESEARCH, 2015)

En relación a aspectos más específicos, el desarrollo global del mercado de etilenglicoles depende en gran medida de las industrias textil y automotriz. Además, el consumo de MEG como anticongelante se ve afectado por la producción de automóviles, las condiciones climáticas y la sustitución por otros productos. (GRAND VIEW RESEARCH, 2015) (IHS Markit, 2018)

3.5. Previsiones a medio - largo plazo

A continuación, se valorarán las distintas previsiones esperadas relativas al mercado de etilenglicoles. Se ha realizado un importante contraste de información entre varios informes de mercado, ya que en lo relativo a datos futuros influye considerablemente el análisis que haya realizado la consultoría autora de los informes de mercado consultados.

El mercado de etilenglicoles se espera que alcance un valor de 46.757,2 millones en 2019 con una tasa anual de crecimiento compuesta de un 4,7% en 2020, este último valor fue deducido a partir de los datos recogidos en la Tabla 3.2. (James, 2018)

Tabla 3.2. Comparativa de tasas anuales de crecimiento compuestas para etilenglicoles.

Elaboración propia a partir de MICROMARKETMONITOR, 2018 y James, 2018

Empresa autora del estudio de mercado	Valoración otorgada	Año publicación	Valor
MICROMARKETMONITOR		-	7,1% en 2019
CISION, Sherry James		2018	4,7% en 2020

El monoetilenglicol es el principal producto del segmento y se espera que su mercado global alcance un valor de 33,36 mil millones de dólares en 2020, valor extraído de los datos recogidos en la Tabla 3.3. (*GRAND VIEW RESEARCH, 2015*)

Tabla 3.3. Comparativa de valores de mercado global de MEG. Elaboración propia a partir de GRAND VIEW RESEARCH, 2015 y Transparency Market Research, 2012

Empresa autora del estudio de mercado	Valoración otorgada	Año publicación	Valor
GRAND VIEW RESEARCH		2015	33,36 mil millones en 2020
Transparency Market Research		2012	30,81 mil millones en 2018

Además de ser el mayor segmento del mercado, se espera que monoetilenglicol tenga el mayor crecimiento con una tasa anual de crecimiento compuesta de un 6% de 2016 a 2024, valor extraído de los datos recogidos en la Tabla 3.4. A su vez, se tienen expectativas que el mercado de MEG pase de 16.511 kt en 2013 a 22.815 kt en 2020. (*Global Market Insights, 2017*) (*GRAND VIEW RESEARCH, 2015*)

Tabla 3.4. Comparativa de tasas anuales de crecimiento compuestas para MEG. Elaboración propia a partir de ^[1]

Empresa autora del estudio de mercado	Valoración otorgada	Año publicación	Valor
GRAND VIEW RESEARCH		2015	4,8% de 2014 a 2020
RESEARCH AND MARKETS		2017	6,27% de 2017 a 2021
technavio		2016	6% de 2018 a 2022
Transparency Market Research		2012	6,1% de 2013 a 2018
MARKET RESEARCH FUTURE		2017	6% de 2016 a 2022
Global Market Insights		2017	6% de 2016 a 2024

[1] - *GRAND VIEW RESEARCH, 2015; RESEARCH AND MARKETS, 2017; technavio, 2016; Transparency Market Research, 2012; MARKET RESEARCH FUTURE, 2017 y Global Market Insights, 2017*

El mercado global del dietilenglicol se espera que alcance los 337,1 millones de dólares para 2020. (*GRAND VIEW RESEARCH, 2015*)

Por otro lado, se estima que el mercado del óxido de etileno tendrá un gran crecimiento entre 2017 y 2024 debido principalmente a su demanda por parte del sector de los glicoles. Uno de los principales factores que limitan el crecimiento del mercado del óxido de etileno es una restrictiva regulación gubernamental sobre su contenido en fibras de poliéster. (*Global Market Insights, 2017*)

Se espera que la región de Asia-Pacífico posea la mayor cuota de mercado a finales de 2024 debido a la creciente demanda de fibras de poliéster gracias al incremento de la industria textil en la región. Por otro lado, se espera que en Norte América, América Latina y Europa el mercado crezca a una velocidad razonable y que se mantenga en Oriente Medio y África. (*Global Market Insights, 2017*)

Por otra parte, las fibras de poliéster se espera que sea la aplicación del MEG cuyo mercado experimente el mayor crecimiento con una tasa anual compuesta de un 5,1% de 2017 a 2024. El mercado de PET será la segunda aplicación con un mayor aumento con una tasa promedio de aproximadamente 3,5% por año de 2017 a 2024. En cambio, se espera que el mercado de los anticongelantes tenga el crecimiento más bajo. En la Figura 3.1 se aprecia la distribución de las aplicaciones del MEG a futuro en el mercado americano (producción expresa como millones de dólares percibidos en ingresos), se estima que seguirá aumentando entre 2017 y 2024 la gran producción de fibras de poliéster y resinas PET en comparación con el uso como anticongelantes y el resto de empleos. (*GRAND VIEW RESEARCH, 2015*) (*IHS Markit, 2018*) (*Hexa Research, 2014*) (*Global Market Insights, 2017*)

En lo relativo a los mercados por regiones, Asia - Pacífico aparte de ser el mercado más grande de etilenglicoles, también se espera que sea el de mayor crecimiento con una tasa anual de crecimiento compuesto de un 7% de 2016 a 2024, valor extraído de los datos recogidos en la Tabla 3.5. Esta gran subida del mercado se atribuye al crecimiento de las industrias textil y automotriz. (*GRAND VIEW RESEARCH, 2015*) (*Global Market Insights, 2017*)

Por el contrario, los mercados norteamericano y europeo se espera que crezcan a un ritmo menor o incluso haya un impacto negativo, debido a las nuevas aplicaciones de los

bioetilenglicoles y a las regulaciones medioambientales que están forzando a las industrias del PET a usar materias primas más ecológicas. (*GRAND VIEW RESEARCH, 2015*) (*Hexa Research, 2014*)

Tabla 3.5. Comparativa de tasas anuales de crecimiento compuestas para etilenglicoles en Asia - Pacífico. Elaboración propia a partir de GRAND VIEW RESEARCH, 2015 y Global Market Insights, 2017

Empresa autora del estudio de mercado	Valoración otorgada	Año publicación	Valor
GRAND VIEW RESEARCH		2015	4,9% de 2014 a 2020
Global Market Insights		2017	7% de 2016 a 2024

No obstante, es necesario hacer hincapié en que los precios volátiles y suministros ajustados de materias primas junto con las fluctuaciones frecuentes en los precios de crudo, pueden llegar a inhibir el crecimiento del mercado a medio plazo. Por consiguiente, será fundamental un uso óptimo de las materias primas y una gestión adecuada de los cuellos de botella para conseguir que el mercado de etilenglicoles crezca tal como se espera. (*GRAND VIEW RESEARCH, 2015*) (*Hexa Research, 2014*)

3.6. Síntesis de resultados del estudio de mercado

A continuación, se presenta la Tabla 3.6 con el fin de recoger, esquematizar y resumir toda la información más relevante relacionada con el mercado de etilenglicoles.

Tabla 3.6. Información más relevante del estudio de mercado. Elaboración propia a partir de ^[1]

Aspecto a desarrollar	Información más relevante
Datos de producción y precios	<ul style="list-style-type: none"> - Mercado etilenglicoles: valorado en 33.109 millones de dólares en 2014. - Monoetilenglicol: producto de mayor volumen de mercado (90% mercado global etil-glicoles), producción de 16.511 kt en 2013. - Precios MEG: volátiles por cambios en la demanda de PET, suministro ajustado de óxido de etileno y fluctuaciones en los precios de crudo. - Asia - Pacífico domina el mercado global de etilenglicoles (66,5% del volumen total de mercado en 2013). - Principales compañías (más del 50% del mercado en 2013): SABIC, Dow Chemical Company, Sinopec y Shell Chemical.
Dependencia e interacción con otros mercado	<ul style="list-style-type: none"> - Cambios en los precios del óxido de etileno. - Aplicaciones de poliéster y PET (87% del consumo mundial de MEG en 2017). - Mercado de anticongelantes (7% del consumo de MEG en 2017).
Factores condicionantes de la dinámica del mercado	<ul style="list-style-type: none"> - Ideologías políticas mundiales, creación de leyes para el sector, salud económica general, preferencias de los consumidores, fortaleza de la moneda, situación del sector energético, impacto ambiental generado... - De manera más específica: industrias textil, automovilística y automotriz.
Previsiones a medio - largo plazo	<ul style="list-style-type: none"> - Mercado etilenglicoles: alcance 46.757,2 millones en 2019 (tasa anual de crecimiento compuesta de 4,7% en 2020). - Mercado global MEG: alcance 33,36 mil millones de dólares y 22.815 kt en 2020 (tasa anual de crecimiento compuesta de 6% 2016 - 2024). - Mercado global DEG: alcance 337,1 millones de dólares para 2020. <ul style="list-style-type: none"> - Mercado óxido de etileno: gran crecimiento 2017 - 2024 - Mercado fibras de poliéster: crecimiento con tasa anual compuesta de 5,1% 2017 – 2024. - Mercado PET: crecimiento con tasa anual compuesta de 3.5% 2017-2024. <ul style="list-style-type: none"> - Mercado de los anticongelantes: crecimiento más bajo. - Asia – Pacífico: región con mayor crecimiento, tasa anual de crecimiento compuesto de 7% 2016 - 2024. - Mercados norteamericano y europeo: crecerán a un ritmo menor.

[1] - GRAND VIEW RESEARCH, 2015; Hexa Research, 2014; RESEARCH AND MARKETS, 2017; IHS Markit, 2018; technavio, 2016; MICROMARKETMONITOR, 2018; Transparency Market Research, 2012; P&S MARKET RESEARCH, 2018; MARKET RESEARCH FUTURE, 2017; Global Market Insights, 2017; Business Wire, 2017; James, 2018 y ECHEMI, 2017

Por último, a través de las Figuras 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5 se ha elaborado el mapa de resultados del estudio de mercado que apoya toda la información expuesta a lo largo del análisis del mercado de etilenglicoles realizado.

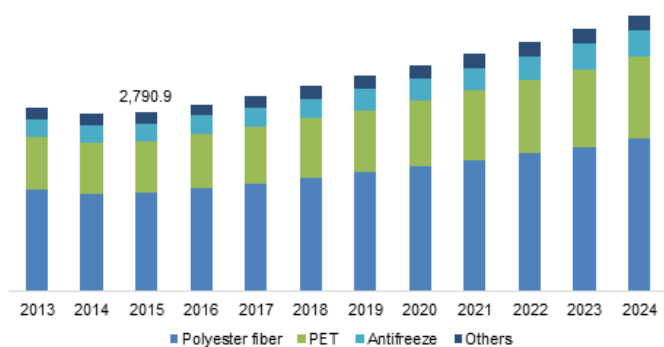


Figura 3.1. Tamaño de mercados por aplicaciones del MEG de 2013 – 2024 en el mercado americano. (Global Market Insights, 2017)

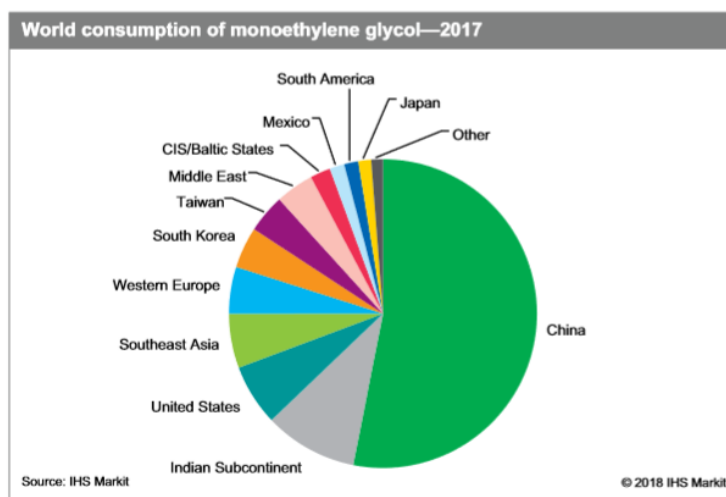


Figura 3.3. Distribución del consumo de MEG en el mundo en el año 2017. (IHS Markit, 2018)



Figura 3.4. Evolución del precio de mercado del etil-glicol en el este de China entre 2015 - 2017. (ECHEMI, 2017)

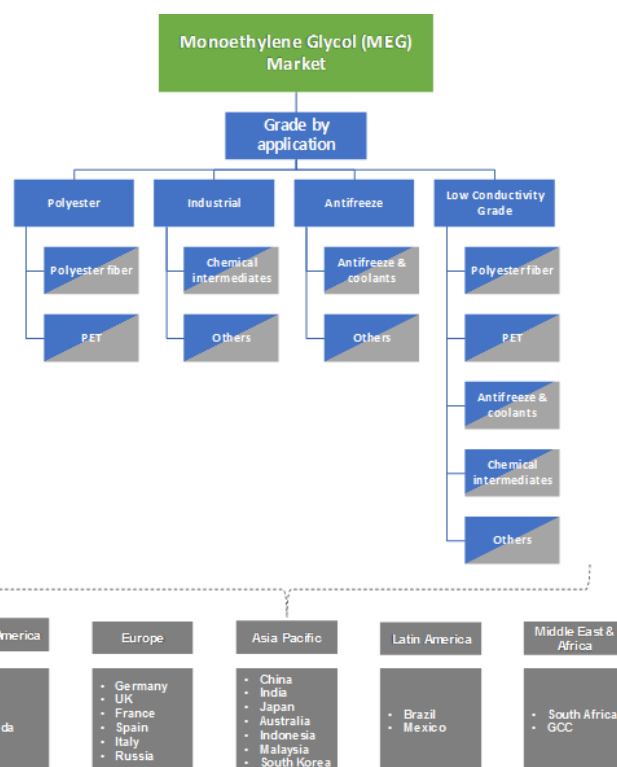


Figura 3.2. Esquema de la distribución del mercado de monoetilenglicol por usos industriales y por regiones. (Global Market Insights, 2017)

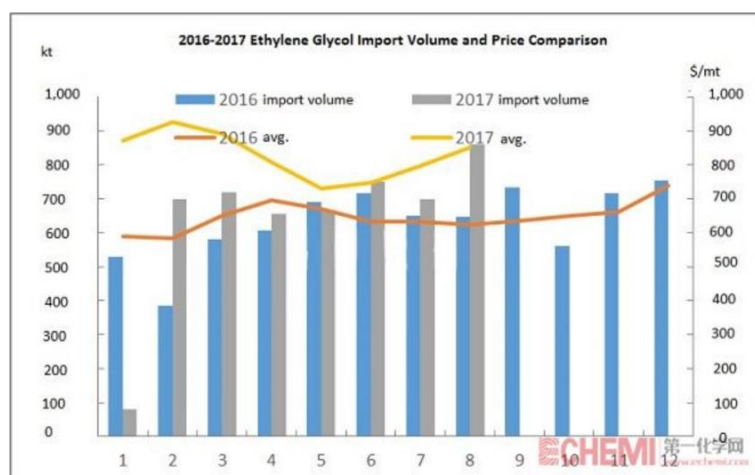


Figura 3.5. Comparación del volumen de importaciones y precio del MEG de 2016 a 2017. (ECHEMI, 2017)

4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de producción de etil-glicol a partir de óxido de etileno se divide en dos etapas:

- Etapa de reacción: En esta etapa se produce la reacción del óxido de etileno con el agua en el interior de un reactor catalítico donde la temperatura se da a una temperatura de 95°C y una presión de 4,41 bar.
- Etapa de separación: En esta etapa se realiza la separación del etil-glicol del agua no reaccionada y de los etil-glicoles superiores como el dietilenglicol o el trietilenglicol.

En primer lugar, el óxido de etileno procedente del almacenamiento, donde se encuentra almacenado en disolución acuosa a un 50% en peso, debe mezclarse con el exceso de agua adecuado para la reacción.

Una vez en las proporciones adecuadas, la corriente debe acondicionarse a la temperatura y presión adecuadas para la reacción, para ello, la bomba P-101 se encarga de subir la presión, desde una atmósfera, hasta los 4,41 bar requeridos en la entrada del reactor. Una vez a la presión adecuada se calienta hasta 84°C en el intercambiador H-101. Se sitúa primero la bomba porque si se situase primero el intercambiador se produciría una vaporización parcial de la corriente de alimentación que implicaría el uso de un compresor, mucho más caro que una bomba.

Tras el intercambiador, los reactivos entran en el reactor catalítico donde el agua reacciona con el óxido de etileno para dar etil-glicol. A parte de la reacción principal, también se dan reacciones secundarias entre el óxido de etileno y el etil-glicol para producir dietilenglicol, y entre el óxido de etileno y el dietilenglicol para producir trietilenglicol.

Después de la etapa de reacción, la corriente debe enfriarse para detener las reacciones secundarias y reducir su presión para la etapa de separación. Para llevar a cabo este proceso se emplea el intercambiador H-102 y la válvula de expansión VLV-101.

Cuando los productos están a 25°C y presión atmosférica entran a la torre de extracción donde mediante el empleo de furfural se separa por un lado el extracto que contiene mayormente furfural y los etil-glicoles, y por el otro el refinado que contiene agua y una pequeña proporción de furfural.

Por último, la corriente del extracto se separa mediante una serie de columnas de destilación en secuencia directa, es decir, se van separando uno a uno los productos finales como

destilados, ya que permite dejar para el final la separación que requiere mayor pureza, que es la del etil-glicol de los etil-glicoles superiores.

5. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS

En el presente apartado se realizará un listado y descripción general de los principales equipos de la instalación.

5.1. Listado de equipos

En la Tabla 5.1 puede verse un listado de todos los equipos con sus respectivos tipos de equipo.

Tabla 5.1. Listado de equipos. Elaboración propia.

Nombre	Tipo de equipo
V-101	Tanque de alimentación
P-101 A/B	Bombas centrífugas
H-101	Intercambiador alimentación
R-101/R-102/R-103	Reactor de hidrólisis
H-102	Intercambiador de calor
VLV-101	Válvula de expansión
T-101/T-102/ T-103	Torre de extracción
H-103	Intercambiador de calor
H-104	Intercambiador de calor
V-102	Tanque de recirculación de disolvente
D-101	Torre de destilación
P-102 A/B	Bombas de reflujo
E-101	Condensador
E-102	Rehervidor
V-103	Tanque de reflujo
D-102	Torre de destilación
P-103 A/B	Bombas de reflujo
E-103	Condensador
E-104	Rehervidor
V-104	Tanque de reflujo
D-103	Torre de destilación
P-104 A/B	Bombas de reflujo
E-105	Condensador
E-106	Rehervidor
V-105	Tanque de reflujo

5.2. Equipos

5.2.1. Tanque V-101

Tanque que recibe el óxido de etileno del almacenamiento y agua para obtener la proporción adecuada para la reacción.

5.2.2. Bomba P-101 A/B

Bomba centrífuga que incrementa la presión de la corriente de salida del tanque V-101 hasta la presión de operación de los reactores R-101, R-102 y R-103.

5.2.3. Intercambiador de calor H-101

Intercambiador de calor que incrementa la temperatura de los reactivos hasta la temperatura de entrada al reactor

5.2.4. Reactores de hidrólisis R-101/R-102/R-103

Reactores de hidrólisis en paralelo que transforman el óxido de etileno y agua en etil-glicoles.

5.2.5. Intercambiador de calor H-102

Intercambiador de calor que reduce la temperatura de los productos hasta la adecuada para la etapa de extracción.

5.2.6. Válvula de expansión VLV-101

Válvula que reduce la presión de la corriente de productos hasta la adecuada para la etapa de extracción.

5.2.7. Torres de extracción T-101/T-102/T-103

Torres de extracción que se emplean para extraer la mayor parte del agua de la corriente de productos para purificar el etilenglicol.

5.2.8. Intercambiador de calor H-103

Intercambiador de calor que se encarga de aprovechar la corriente de furfural caliente para calentar la corriente de extracto, lo que permite tener que emplear menos energía en las torres de destilación.

5.2.9. Intercambiador de calor H-104

Intercambiador de calor que reduce la temperatura del furfural hasta sus condiciones de almacenamiento.

5.2.10. Tanque V-102

Tanque de almacenamiento de furfural para su recirculación

5.2.11. Columna de destilación D-101

Columna de destilación que se encarga de separar el agua restante de la corriente de extracto.

5.2.12. Bomba P-102 A/B

Bomba de reflujo que tiene como objetivo devolver el líquido de condensado del tanque V-103 a la columna D-101.

5.2.13. Condensador E-101

Condensador que tiene como objetivo condensar la corriente de cabezas de la columna D-101.

5.2.14. Rehervidor E-102

Rehervidor que tiene como objetivo elevar la temperatura y vaporizar parcialmente la corriente de colas de la columna D-101.

5.2.15. Tanque de reflujo V-103

Tanque de reflujo que tiene como propósito proporcionar reflujo líquido a la columna D-101

5.2.16. Torre de destilación D-102

Torre de destilación que tiene como propósito recuperar el furfural del extracto.

5.2.17. Bomba P-103 A/B

Bomba de reflujo que tiene como objetivo devolver el líquido de condensado del tanque V-103 a la columna D-102.

5.2.18. Condensador E-103

Condensador que tiene como objetivo condensar la corriente de cabezas de la columna D-102.

5.2.19. Rehervidor E-104

Rehervidor que tiene como objetivo elevar la temperatura y vaporizar parcialmente la corriente de colas de la columna D-102.

5.2.20. Tanque de reflujo V-104

Tanque de reflujo que tiene como propósito proporcionar reflujo líquido a la columna D-102.

5.2.21. Torre de destilación D-103

Torre de extracción que tiene como objetivo principal separar el producto principal, monoetilenglicol, de los otros subproductos, dietilenglicol y trietilenglicol.

5.2.22. Bomba P-104 A/B

Bomba de reflujo que tiene como objetivo devolver el líquido de condensado del tanque V-103 a la columna D-103.

5.2.23. Condensador E-105

Condensador que tiene como objetivo condensar la corriente de cabezas de la columna D-103.

5.2.24. Rehervidor E-106

Rehervidor que tiene como objetivo elevar la temperatura y vaporizar parcialmente la corriente de colas de la columna D-103.

5.2.25. Tanque de reflujo V-105

Tanque de reflujo que tiene como propósito proporcionar reflujo líquido a la columna D-103.

6. CONTROL E INSTRUMENTACIÓN

6.1. Introducción

En el presente apartado se pretende presentar la estrategia de control seleccionado para el reactor R-101 y la torre de extracción T-101. Para una mayor facilidad de comprensión de todo aquello que será desarrollado seguidamente, se exponen antes de nada las definiciones de todos

aquellos términos empleados en base al estándar *ANSI/ISA-5.1 "INSTRUMENTATION SYMBOLS AND IDENTIFICATION"* (identificación y símbolos de instrumentación). A continuación, se recogen las variables controladas, manipuladas y medidas elegidas dentro de cada una de las estrategias de control, la tabla de combinaciones de aquellas magnitudes e instrumentos de interés junto a la tabla resumen de todos los equipos relacionados con el control utilizados en los correspondientes lazos, el desarrollo, explicación y justificación de los lazos de control para los dos equipos diseñados y los pertinentes algoritmos de control seleccionados.

6.2. Definiciones

Las definiciones siguientes de acuerdo al estándar *ANSI/ISA-5.1* han sido ordenadas alfabéticamente: (*ISA Sección USC, 2018*)

- Accesible: Dispositivo o función que puede ser utilizado o visto por un operador con el fin de realizar acciones de control.
- Alarma: Dispositivo o función que señala la existencia de una condición anormal por medio de una señal audible y/o visible con la intención de llamar la atención del operador.
- Asignable: Término aplicado a una característica que permite la canalización o dirección de una señal de un dispositivo a otro sin necesidad de cambios en el cableado.
- Binario: Término aplicado a una señal o dispositivo que solo tiene dos posiciones o estados discretos.
- Configurable: Término aplicado a un dispositivo o sistema cuyas características funcionales pueden ser seleccionadas o modificada a través de programación u otros métodos.
- Constante de tiempo: Tiempo que sería necesario para alcanzar el nuevo estado estacionario si la velocidad de cambio fuese en todo momento igual a la inicial y se corresponde con el tiempo transcurrido para que la variable de proceso alcance el 63,2% del cambio total.
- Control compartido: Controlador, que contiene algoritmos preprogramados que son por lo general accesibles, configurables y asignables. Ello permite que un número de variables de proceso puedan ser controladas por un solo dispositivo.
- Controlador: Dispositivo que tiene una salida que cambia para regular una variable controlada de una determinada manera. Un controlador puede ser un instrumento físico individual, analógico o digital, o puede ser el equivalente de ese instrumento configurado en un sistema de control distribuido, ordenador o cualquier tipo de

procesador. Un controlador automático varía su salida automáticamente en respuesta a una entrada directa o indirecta de una variable del proceso. Un controlador manual es una estación de carga manual, y su salida no depende de una variable de proceso medida, y solo se puede variar de forma manual. Un controlador puede ser integral con otros elementos funcionales de un lazo de control.

- Controlador lógico programable: Controlador, por lo general con múltiples entradas y salidas, que contienen programas que pueden ser modificados.
- Convertidor: Dispositivo que recibe información en forma de señal del instrumento y transmite una señal de salida en otra forma. Un instrumento que cambia la salida de un tipo de sensor a una señal estándar se denomina transmisor, no convertidor. Los convertidores también son conocidos como transductores, no obstante, este es un término muy general y su uso específico para la conversión de señales no es recomendable.
- Digital: Término aplicado a una señal o dispositivo que usa dígitos binarios para representar valores continuos o estados discretos.
- Dispositivo de computación: Dispositivo o función que realiza uno o más cálculos u operaciones lógicas y transmite una o más señales de salida. A veces se denomina relé de computación.
- Elemento final de control: Dispositivo que controla directamente el valor de la variable manipulada de un lazo de control. A menudo el elemento final de control es una válvula de control.
- Elemento primario: Sinónimo de sensor.
- Estación de control: Estación de carga manual que también proporciona el cambio entre manual y modos de control automático de un lazo de control. También es conocida como estación auto-manual.
- Estación manual de carga: Dispositivo o función que tiene una salida con ajuste manual que se utiliza para actuar uno o más dispositivos remotos. Es un tipo de estación que no proporciona el cambio entre manual y los modos de control automáticos de un lazo de control.
- Función: Propósito de un dispositivo o instrumento determinado, o una acción realizada por dicho dispositivo o instrumento.
- Identificación: Secuencia de letras o números, o ambos, que sirve para identificar a un instrumento individual o a un lazo.

- Instrumentación: Colección de instrumentos o su aplicación con el propósito de observar, medir, controlar o cualquier combinación de estos.
- Instrumento: Dispositivo que se utiliza directa o indirectamente, para medir y/o controlar una variable. El término incluye elementos primarios, elementos finales de control, dispositivos de computación y aparatos eléctricos como anunciadores, interruptores y pulsadores. El término no se aplica a las partes que son componentes internos de un instrumento.
- Interruptor: Dispositivo que conecta, desconecta, selecciona o transfiere uno o más circuitos y no es designado como un controlador, un relé o una válvula de control.
- Lazo: Combinación de dos o más instrumentos o funciones de control dispuestas de modo que las señales pasan de uno a otro con el propósito de medir y/o controlar una variable de proceso.
- Local: Ubicación de un instrumento que no está ni dentro ni sobre un panel o consola, ni tampoco se monta en una sala de control. Los instrumentos locales están comúnmente en las proximidades de un elemento primario o de un elemento final de control. La palabra campo se utiliza a menudo como sinónimo de local.
- Luz piloto: Luz que indica cuál de una serie de condiciones normales de un sistema o dispositivo existe. No se parece a una luz de alarma, la cual indica una situación anormal.
- Medida: Determinación de la existencia o magnitud de una variable.
- Monitor: Término general para un sistema de instrumentos o el instrumento utilizado para medir o detectar el estado o la magnitud de una o más variables con el fin de obtener información útil. El término monitor es muy inespecífico ya que, en ocasiones significa analizador, indicador o alarma.
- Montaje en panel: Término aplicado a un instrumento físico que se monta en un panel o consola y es accesible para el uso normal de un operador. Una función que es normalmente accesible a un operador en un sistema compartido de visualización.
- Offset: Error o desviación permanente donde la variable controlada no vuelve al valor de consigna incluso después de haber alcanzado el estado estacionario.
- Panel: Estructura que tiene un grupo de instrumentos montados en ella, y sirve de interfase para el operador desde el cual se supervisa y opera el proceso o parte del mismo. El panel puede consistir en una o más secciones, cubículos, consolas o escritorios. Sinónimo de "board".

- Panel local: Tipo de panel que no es un panel central ni principal. Los paneles locales están comúnmente cerca de los subsistemas de plantas o áreas. El término panel de instrumentos locales no debe confundirse con instrumento local.
- Pantalla compartida: Dispositivo de interfaz de operador que se utiliza para visualizar el proceso y realizar su control con información de varias fuentes a requerimiento del operador.
- Proceso: Cualquier operación o secuencia de operaciones que impliquen un cambio de energía, estado, composición, dimensión u otras propiedades.
- Programa: Secuencia repetible de las acciones que define el estado de las salidas de acuerdo con una relación fija con un conjunto de entradas.
- Punto de consigna: Variable de entrada que establece el valor deseado de la variable controlada. El punto de consigna puede ajustarse manualmente, automáticamente o de forma programada. Su valor se expresa en las mismas unidades que la variable controlada. Sinónimo de “set point”.
- Punto de prueba: Conexión de proceso al que ningún instrumento está permanentemente conectado, pero que es destinado a la conexión temporal o intermitente de un instrumento.
- Relé: Dispositivo cuya función es transmitir información sin cambios o en forma modificada. El término relé también se aplica específicamente a un interruptor eléctrico, neumático o hidráulico que es accionado por una señal. El término también se aplica a las funciones realizadas por un relé.
- Scan: Muestreo, de una manera predeterminada, de cada uno de los valores de una o más variables de manera intermitente. La función de un dispositivo de escaneo es a menudo conocer el estado o el valor de una variable. El dispositivo puede estar asociado con otras funciones como el registro y alarma.
- Sensor: Dispositivo montado en el proceso, justo en el punto donde se efectúa la medición, detecta los cambios que se producen en la magnitud de la variable de medida y da una señal de salida que depende del valor de la variable y cuya naturaleza varía extraordinariamente de unos instrumentos a otros, aún para una misma variable ya que depende del principio usado para efectuar la medición. El sensor también se conoce como detector o elemento primario.
- Sistema de control distribuido: Sistema que, aun siendo funcionalmente integrado, consiste en subsistemas que pueden estar físicamente separados y colocados remotamente el uno del otro.

- Tiempo de respuesta: Tiempo requerido para que la respuesta del controlador se sitúe dentro de límites aceptables. Suelen estar entre un 3% y un 5% del valor de la variable de respuesta.
- Tiempo muerto: Característica de los sistemas físicos que causa que una perturbación se retrase en detectarse en el tiempo, sin cambiar su forma; es decir, es un retardo puro de la perturbación.
- Transductor: Término general para un dispositivo que recibe información en forma de una o más cantidades físicas, modifica la información y/o su forma, si es necesario, y produce una señal de salida. Dependiendo de la aplicación, el transductor puede ser un elemento primario, transmisor, relé, convertidor u otro dispositivo.
- Transmisor: Dispositivo que detecta una variable de proceso por medio de un sensor y da una salida cuyo valor en estado estacionario varía solo en función predeterminada de la variable de proceso. El sensor puede o no formar parte integrante del transmisor.
- Válvula de control: Dispositivo que suele constituir el elemento final más usual de un lazo de control que generalmente manipula automáticamente el flujo de una o más corrientes de proceso. El uso de la denominación válvula de control manual se limitará a válvulas que se utilizan para la regulación del proceso movidas manualmente (no válvulas todo-nada) o que exigen la identificación como un instrumento normal.
- Variable de proceso: Cualquier propiedad variable de un proceso que resulta importante para la calidad del producto o para la operación del proceso, además debe ser sensible a los cambios en la variable manipulada seleccionada. Sinónimo de variable controlada.
- Variable manipulada: Variable cuyo valor puede ser ajustado libremente por el operador o por un mecanismo de control.
- Variable medida: Variable de entrada o de salida cuyo valor se conoce por una medida directa de la misma.
- Zona muerta: Zona de un controlador “on-off” donde no hay acción de control, se suele ajustar a un porcentaje de rango de la variable.

6.3. Variables controladas, manipuladas y medidas

A continuación, se exponen las distintas variables controladas, manipuladas y medidas elegidas dentro de cada una de las estrategias de control; además de la justificación de la selección de las mismas.

6.3.1. Tablas de variables seleccionadas

Se recogen las tablas justificativas de las variables controladas, manipuladas y medidas escogidas para los lazos de control establecidos en el reactor R-101 (Tabla 6.1) y la torre de extracción T-101 (Tabla 6.2), en base a los criterios que serán planteados en los siguientes subapartados.

Tabla 6.1. Variables controladas, manipuladas y medidas para el reactor R-101.

Variable controlada	Justificación	Variables manipuladas	Justificación	Variables medidas	Justificación
Temperatura alcanzada en los lechos	Se requiere que no se supere el valor de temperatura máximo recomendado por fabricante de catalizador y no descienda del valor de operación impuesto, influye de manera directa en la calidad del producto. Reacción exotérmica, temperatura es inestable y superaría los límites operacionales si no existiese control, su control es fundamental por seguridad	Flujo de alimentación de reactivos ¹ Flujo de alimentación de refrigerante	Relación de flujo entre ambas corrientes ¹ afectan significativamente, rápidamente y de forma directa a temperatura alcanzada en los lechos	Flujo de alimentación de reactivos ¹ Temperatura en los lechos ² Temperatura de salida de refrigerante	Medida de estas variables se realiza de manera fiable, con precisión y con tiempos de respuesta cortos por medio de termopares. Puntos de medida se localizan para minimizar retardos
Presión diferencial ³	Variable indicadora de caída de presión entre dos puntos, representativa de sobrepresurización o inundación del equipo; su control es fundamental por seguridad y productividad. Variable inestable y superaría los límites operacionales si no existiese control	-	-	Presión entre tercer y cuarto lecho Presión entre séptimo y octavo lecho	Medida de estas variables se realiza de manera fiable, con precisión y con tiempos de respuesta cortos por medio de tubos de Pitot. Puntos de medida se localizan para minimizar retardos
Composición ⁴	Medida directa de la calidad del producto y la productividad. Variable inestable y superaría los límites operacionales si no existiese control	-	-	Composición entre tercer y cuarto lecho Composición entre séptimo y octavo lecho	Puntos de medida de los analizadores sensibles y localizados para minimizar retardos

Notas:

¹El flujo de alimentación de reactivos solo es modificado en el lazo 1 del reactor R-101 (justificado en el apartado de descripción de las estrategias de control), correspondiente al control de la temperatura en el primer lecho, por ello en el resto de los lechos solo se manipula

el flujo de alimentación de refrigerante teniendo esta variable una rápida y directa incidencia sobre la variable controlada en cuestión. A su vez, el flujo de alimentación de reactivos solo es medido para el lazo 1, puesto que para el resto de lazos asociados al control de la temperatura en los lechos sería innecesario.

²La temperatura en los lechos es medida a través de termopares capaces de medir en un único punto o en varios puntos en función de la longitud de los lechos, estos últimos son denominados termopares multipunto. Los sensores de temperatura múltiples son empleados por razones de seguridad o de mantenimiento en reactores de lecho fijo, puesto que presentan grandes complejidades a la hora de controlar la temperatura en su interior. Además, este tipo de sistemas permiten incrementar la fiabilidad de las mediciones. Por consiguiente, para asegurar con suficiente seguridad una progresión de temperaturas adecuadas en el interior del reactor R-101 junto a una mayor facilidad de detección de puntos calientes, se colocará un termopar por cada 25 cm de longitud de lecho; información procedente de fuentes bibliográficas y contacto con varios fabricantes. Se localiza un termopar en todos los lechos, excepto para el octavo y noveno lechos en los que se situarán 2 y 3 termopares respectivamente. (*THERMO ELECTRIC INSTRUMENTATION, 2018*)

³La presión diferencial en el reactor R-101 realmente no es una variable controlada, sino que se mide y se muestra al operador como una alarma, ya que esta es una buena medida indirecta de anomalías de flujo asociadas al nivel y a la presión. Únicamente es controlada de manera manual, ya que la regulación de esta variable por medio de un controlador para llevarla al punto de consigna formaría parte del control selectivo; es decir, se encontraría como un refuerzo de seguridad más allá del control básico.

⁴La composición en el reactor R-101 realmente no es una variable controlada, sino que se mide y se muestra al operador como una alarma; es decir, es controlada de manera manual, ya que la regulación de esta variable se realiza de manera indirecta a partir de los lazos de control de la temperatura alcanzada en los lechos.

Tabla 6.2. Variables controladas, manipuladas y medidas para la torre de extracción T-101.

Variable controlada	Justificación	Variables manipuladas	Justificación	Variables medidas	Justificación
Proporción de flujo de disolvente en función de flujo de alimentación	Se requiere se cumpla la relación de flujos para que la extracción se desarrolle adecuadamente, influye de manera directa en la calidad del producto y la productividad. Variable inestable y superaría los límites operacionales si no existiese control	Flujo de disolvente	Flujo de disolvente afecta significativamente, rápidamente y de forma directa a la proporción de flujos de entrada y a las especificaciones de extracto (concentración y flujo)	Flujo de disolvente Flujo de alimentación	Medida de estas variables se realiza de manera fiable, con precisión y con tiempos de respuesta cortos por medio de placas de orificio. Puntos de medida se localizan para minimizar retardos
Presión diferencial ¹	Variable indicadora de caída de presión entre dos puntos, representativa de sobrepresurización o inundación del equipo; su control es fundamental por seguridad y productividad. Variable inestable y superaría los límites operacionales si no existiese control	-	-	Presión entre segundo y tercer lecho Presión entre sexto y séptimo lecho	Medida de estas variables se realiza de manera fiable, con precisión y con tiempos de respuesta cortos por medio de tubos de Pitot. Puntos de medida se localizan para minimizar retardos
Composición ²	Medida directa de la calidad del producto y la productividad. Variable inestable y superaría los límites operacionales si no existiese control	-	-	Composición en corriente de salida de extracto	Puntos de medida de los analizadores sensibles y localizados para minimizar retardos

Notas:

¹La presión diferencial en la torre de extracción T-101 realmente no es una variable controlada, sino que se mide y se muestra al operador como una alarma, ya que esta es una buena medida indirecta de anomalías de flujo asociadas al nivel y a la presión. Únicamente es

Página **77** de **127**

controlada de manera manual, ya que la regulación de esta variable por medio de un controlador para llevarla al punto de consigna formaría parte del control selectivo; es decir, se encontraría como un refuerzo de seguridad más allá del control básico.

²La composición en la torre de extracción T-101 realmente no es una variable controlada, sino que se mide y se muestra al operador como una alarma; es decir, es controlada de manera manual, ya que la regulación de esta variable se realiza a partir de los lazos de control de la proporción del flujo de disolvente en función del flujo de alimentación.

6.3.2. Variables controladas

En primer lugar, se introducen las variables controladas y en base a ello se establecerán las variables manipuladas y medidas necesarias.

Se empezará por introducir los criterios de selección o determinación de qué variables controlar: (Mahoney et col., 2014)

- Seleccionar variables de salida que son no autorregulantes o inestables, es decir, no se busca llegar a un nuevo estado estacionario por acción de la propia variable. Establecer variables autorregulantes como controladas se traduciría en ineficiencia e ineficacia.
- Escoger aquellas variables de salida que son una medida directa de la calidad del producto o que puedan influenciar significativamente esta.
- Seleccionar variables de salida que puedan superar los límites operacionales si no existe control.
- Elegir variables de salida que presenten claras interacciones con otras variables de salida.
- Escoger variables de salida que muestren respuestas estáticas y dinámicas favorables a las variables manipuladas disponibles.

Para la estrategia de control planteada para el reactor R-101 se presentan en la Tabla 6.1 las variables controladas seleccionadas y la justificación de su elección. A su vez, en la Tabla 6.2 se recoge la misma información para la torre de extracción T-101.

6.3.3. Variables manipuladas

En segundo lugar, se presentan las variables manipuladas establecidas cuyo objetivo es trasladar la variabilidad desde las variables controladas a estas, y así mantener el valor de la variable de proceso en el valor de consigna en presencia de perturbaciones.

El criterio de elección de las variables manipuladas es el siguiente: *(Mahoney et col., 2014)*

- Escoger variables manipuladas que afecten significativamente a las variables controladas.
- Seleccionar variables manipuladas que influyan a las variables controladas directamente mejor que de manera indirecta.
- Elegir variables manipuladas que modifiquen rápidamente a las variables controladas.
- Escoger variables manipuladas que eviten la recirculación de las perturbaciones en el sistema, ya que podría dañarse el equipo por su efecto.

Para la estrategia de control planteada para el reactor R-101 se presentan en la Tabla 6.1 las variables manipuladas escogidas y la justificación de su elección. A su vez, en la Tabla 6.2 se recoge la misma información para la torre de extracción T-101.

6.3.4. Variables medidas

Las últimas variables a elegir para realizar de forma adecuada el control de las unidades de la instalación de producción de etilenglicol son las variables medidas, ya que en ellas comienza el proceso de control al medir valores de variables que posteriormente serán comparados en controladores que decidirán la manera de actuar sobre las variables manipuladas.

El criterio de selección de las variables medidas es el siguiente: *(Mahoney et col., 2014)*

- Las medidas deberán ser fiables y precisas.
- Seleccionar puntos de medida que sean suficientemente sensibles.
- Escoger puntos de medida que minimicen retardos y constantes de tiempo elevadas, con el objetivo de reducir el tiempo que el sistema se encuentre sin control.

Para la estrategia de control planteada para el reactor R-101 se presentan en la Tabla 6.1 las variables medidas seleccionadas y la justificación de su elección. A su vez, en la Tabla 6.2 se recoge la misma información para la torre de extracción T-101.

6.4. Tabla de combinaciones y de resumen de instrumentos

En primer lugar, se recogen en la Tabla 6.3 todas las posibles combinaciones en cuanto a magnitudes e instrumentos en la estructura de control planteada para la planta de producción de etilenglicol. La información recogida por las distintas etiquetas que serán asignadas a cada equipo de control se divide en primera letra que se emplea para designar la variable controlada o medida ya sea como variable iniciadora o modificador; y en letras sucesivas que son utilizadas para designar la función del dispositivo tanto como función pasiva, función de salida o modificador. (ISA Sección USC, 2018)

Tabla 6.3. Combinaciones de magnitudes e instrumentos para los lazos de control. Elaboración propia a partir de ISA Sección USC, 2018

	PRIMERA LETRA		LETRAS SUCESIVAS		
	VARIABLE MEDIDA O INICIADORA	MODIFICADOR	LECTURA O FUNCIÓN PASIVA	FUNCIÓN DE SALIDA	MODIFICADOR ¹
A	Análisis de composición				
C				Controlador	
D		Diferencial			
F	Flujo				
H	Manual (actuado a mano)				Alto
I			Indicador		
L					Bajo
O	Optimizador				
P	Presión				
R			Registrador		
S		Seguridad			
T	Temperatura			Sensor y transmisor	
V				Válvula	
Y				Relé de computación	

Notas:

¹En el uso de modificador como letras sucesivas en la estrategia de control para la planta de producción de etilenglicol, se colocarán en la parte superior del círculo de instrumento para reflejar valor alto (H) y en la inferior cuando el valor sea bajo (L).

A continuación, se recopilan en la Tabla 6.4 todos los equipos relacionados con el control utilizados en los distintos lazos implementados en la instalación para la regulación de la operación.

Tabla 6.4. Instrumentos relacionados con el control. Elaboración propia, a partir de ISA Sección USC, 2018

	FUNCIÓN DEL INSTRUMENTO	VARIABLE MEDIDA				
		ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN	FLUJO	PRESIÓN	PRESIÓN DIFERENCIAL	TEMPERATURA
	INDICADOR	AI	-	PI	PDI	-
	TRANSMISOR	AT	FT	PT	-	TT
	CONTROLADOR REGISTRADOR	-	FRC	-	-	TRC
	VÁLVULA	-	FV	-	-	TV
	RELÉ DE COMPUTACIÓN	-	FY	-	-	TY
M I S C E L Á N E O S	HIC ESTACIÓN CARGA MANUAL CON INDICACIÓN SALIDA OIC OPTIMIZADOR CONTROLADOR CON INDICACIÓN SALIDA PSV VÁLVULA SEGURIDAD					

6.5. Estrategias de control

Se describirán y explicarán los lazos de control empleados para el reactor R-101 y la torre de extracción T-101, junto a la justificación del uso concreto de cada uno de ellos.

6.5.1. Reactor R-101

El objetivo de este apartado es exponer el control de los parámetros operativos básicos de un reactor de lecho fijo: temperatura, presión, concentración y seguridad.

El control de los reactores químicos continuos posee muchos beneficios potenciales, incluido el aumento de la productividad y la mejora de la seguridad y la calidad del producto; dichos resultados generales son la consecuencia de un elevado número de lazos de control individuales y de la elección de las estrategias de control adecuadas. *(Lipták, 1995)*

6.5.1.1. Lazos de control de temperatura

Con frecuencia las reacciones exotérmicas se convierten en reacciones descontroladas, en las que un aumento de temperatura aumenta la velocidad de reacción, que a su vez libera más calor y aumenta así la temperatura. Para contrarrestar este ciclo se requieren sistemas de enfriamiento altamente autorreguladores; por ejemplo, en el reactor R-101 se empleará un serpentín de refrigeración con agua de río para que el reactor opere a temperatura constante, es decir, sea isotérmico. *(Lipták, 1995)*

Si tras un aumento en la temperatura de reacción se produce una mayor generación de calor que la eliminación del mismo a través del circuito de refrigerante, se considera que el proceso es inestable en lazo abierto. Por consiguiente, es necesario compensar esta retroalimentación positiva del proceso por la retroalimentación negativa de un controlador de la temperatura alcanzada en cada uno de los lechos del reactor. La finalidad principal del controlador será la de aumentar la tasa de eliminación de calor a medida que la temperatura aumente. *(Lipták, 1995)*

Para que el controlador sea capaz de estabilizar un proceso inestable de lazo abierto es esencial que el lazo de control implementado sea rápido y no contenga demasiado tiempo muerto. Por esta razón, se elige una técnica de control compleja que pueda aumentar la velocidad y reducir el tiempo muerto; el control en cascada. *(Lipták, 1995)*

Esta estrategia de control se conecta la señal de salida de un controlador al punto de consigna de un segundo controlador, midiendo cada controlador una variable diferente del mismo proceso. El primer controlador, primario o maestro, da órdenes al segundo controlador, secundario o esclavo, por medio de un valor de consigna remoto; estableciendo así el valor de consigna del segundo lazo. Como se puede observar en la Figura 6.1, el sistema de control en cascada consiste en dos lazos de control feedback, uno anidado dentro del otro. Es necesario tener en cuenta a la hora de elegir los algoritmos de control para cada uno de los controladores integrados en esta arquitectura, que el tiempo de respuesta del lazo secundario debe ser como máximo la cuarta parte del tiempo de respuesta del lazo primario; se entienden los tiempos de respuesta como los correspondientes a los lazos independientemente de que formen parte de una configuración en cascada o no. Se establece esta proporción como norma general para que el control en cascada resulte efectivo, implicaría que el lazo primario no será consciente de la existencia del lazo secundario. (Kuphaldt, 2015) (Lipták, 1995) (Mahoney et col., 2014)

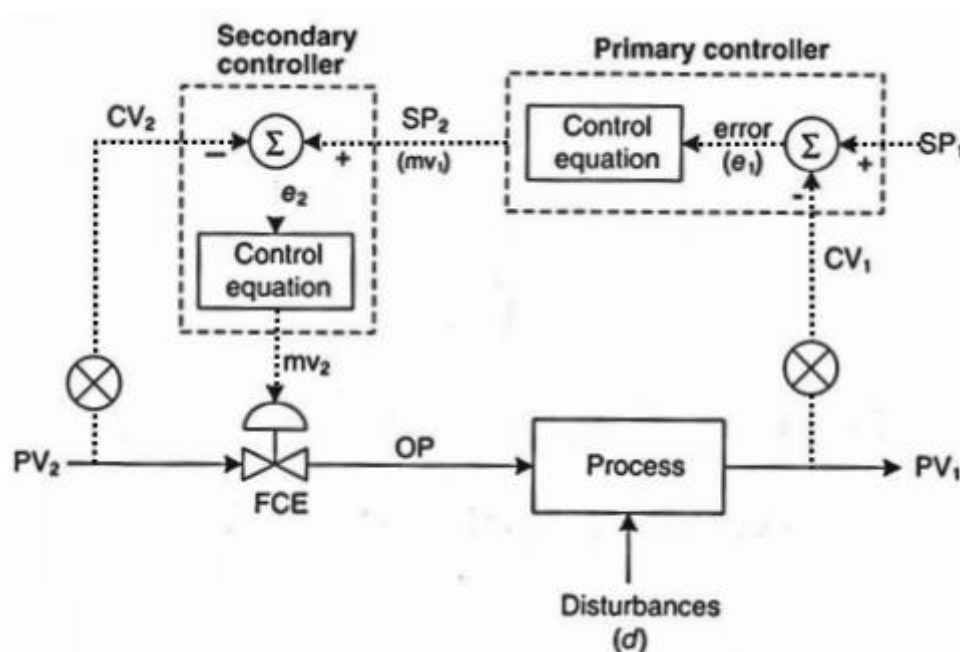


Figura 6.1. Esquema de control en cascada. (Mahoney et col., 2014)

En relación a lo expuesto, dado que la respuesta de la variable de proceso controlada es lenta a los cambios en el flujo de refrigerante (variable manipulada), se ajustará el punto de consigna de un lazo secundario cuya respuesta al flujo de refrigerante cambia rápidamente. En este caso, el controlador de temperatura alcanzada en los lechos, controlador maestro, varía el punto de consigna del lazo de control de temperatura de la salida de refrigerante, controlador esclavo.

El propósito del lazo secundario es corregir todas las perturbaciones externas, sin permitir que afecten a la temperatura de reacción; ya que, si la temperatura o la presión del medio de

transferencia de calor cambian, se modificaría la variable controlada. Para llevar a cabo este requerimiento en control en cascada, el controlador esclavo percibiría la variabilidad resultante en la salida del refrigerante y la corregirá antes de que tenga la oportunidad de alterar al lazo primario. (Lipták, 1995)

Se prefiere que el controlador secundario mida y ajuste la temperatura de salida del refrigerante y no la de entrada, debido a que de esta manera el serpentín de refrigeración y su respuesta dinámica se incluyen en el lazo esclavo. Otra ventaja de esta configuración es que elimina la no linealidad del sistema del lazo maestro, ya que la temperatura de reacción es lineal con la temperatura de salida de refrigerante. (Lipták, 1995)

Se emplea una disposición constituida por una estación de carga manual con indicación de salida (HIC), para establecer un límite superior de temperatura en la salida de refrigerante. Esta consideración es importante cuando el catalizador se vea afectado negativamente por elevadas temperaturas en el interior del reactor. En este caso particular, se evita que el punto de referencia al controlador esclavo exceda un límite de temperatura alta preestablecido, puesto que la temperatura de operación es cercana a la temperatura a partir de la cual el fabricante no recomienda trabajar con el catalizador. (Lipták, 1995)

Como se puede observar en el Documento II. Planos, diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID) - reactores R-101/R-102/R-103 (nº plano: 5B) se emplea la estrategia de control en cascada descrita para los lazos de control 102, 106 y 107. Entre estos lazos destaca que en los lechos 8 y 9, lazos 106 y 107 respectivamente, se emplearán dos y tres termopares en ellos porque se colocará un termopar por cada 25 cm de longitud de lecho. A su vez, en el resto de los lechos salvo para el lecho 1, la temperatura alcanzada es controlada de forma idéntica que para el lecho 2 (lazo 102). En la Figura 6.2 se recoge un recorte ilustrativo del plano 5B.

Para el control de la temperatura alcanzada en el lecho 1 se emplea el lazo de control 101, este lazo emplea una estrategia de control avanzada constituida por un control en cascada y un optimizador controlador con indicación de salida (OIC). (Lipták, 1995)

El OIC detecta la apertura de la válvula situada en la corriente de entrada de refrigerante y si es menor que un valor preestablecido, habitualmente se fija el valor en abierta al 90%, admite más alimentación aumentando el punto de consigna del controlador registrador de flujo correspondiente a la alimentación de reactivos (FRC del lazo 101). Por lo tanto, la tasa de producción siempre se maximiza, pero solo cuando se asegure la disponibilidad del refrigerante.

Cuando la válvula de refrigerante se abre más allá del valor establecido, la tasa de producción se reduce de modo que el reactor nunca se quede sin refrigerante. (*Lipták, 1995*)

A mayores de implementar esta estrategia de control avanzada con el fin de maximizar la tasa de producción, se emplea debido a que la disponibilidad de refrigerante es una de las restricciones de seguridad críticas en este equipo.

Este tipo de arquitectura se establece únicamente en el lecho 1 (lazo 101), puesto que la reacción desencadenada y con ello el mayor aumento de temperatura se vuelve crucial en el primer lecho en el que reaccionen los reactivos; ya que se produce el mayor incremento de conversión.

Por último, se hará hincapié en las limitaciones del control en cascada que habrá que tener en cuenta: (*Lipták, 1995*)

- En tal disposición jerárquica, solo el maestro puede controlar su variable de forma independiente; es decir, los puntos de consigna del controlador esclavo deben ser libremente ajustables por el controlador primario para satisfacer los requisitos de este.
- A la hora de establecer los algoritmos de control es necesario considerar que el control en cascada será estable solo si cada lazo esclavo es más rápido que su lazo maestro. De lo contrario, el controlador esclavo no puede responder a tiempo a las variaciones en la señal de salida del controlador maestro, y así una configuración en cascada degradaría la calidad general del control.

6.5.1.2. Lazo de presión diferencial

La presión diferencial en el reactor R-101 realmente no es una variable controlada, sino que se mide y se muestra al operador como una alarma, ya que esta es una buena medida indirecta de anomalías de flujo asociadas al nivel y a la presión.

Esta variable únicamente se controlaría de manera manual, ya que la regulación de esta variable por medio de un controlador para llevarla al punto de consigna formaría parte del control selectivo; es decir, se encontraría como un refuerzo de seguridad más allá del control básico.

En la Figura 6.2, recorte ilustrativo del diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID) - reactores R-101/R-102/R-103, la estrategia descrita puede apreciarse en el lazo 105.

6.5.1.3. Lazos de composición

La composición en el reactor R-101 al igual que la presión diferencial no es una variable controlada, sino que se mide y se muestra al operador como una alarma. Por lo tanto, esta variable es controlada de manera manual, ya que su regulación se realiza de manera indirecta a partir de los lazos de control de la temperatura alcanzada en los lechos.

En la Figura 6.2, recorte ilustrativo del diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID) - reactores R-101/R-102/R-103, la estrategia descrita puede apreciarse en los lazos 103 y 104; los cuales miden la composición después del lecho 3 y del lecho 7 respectivamente.

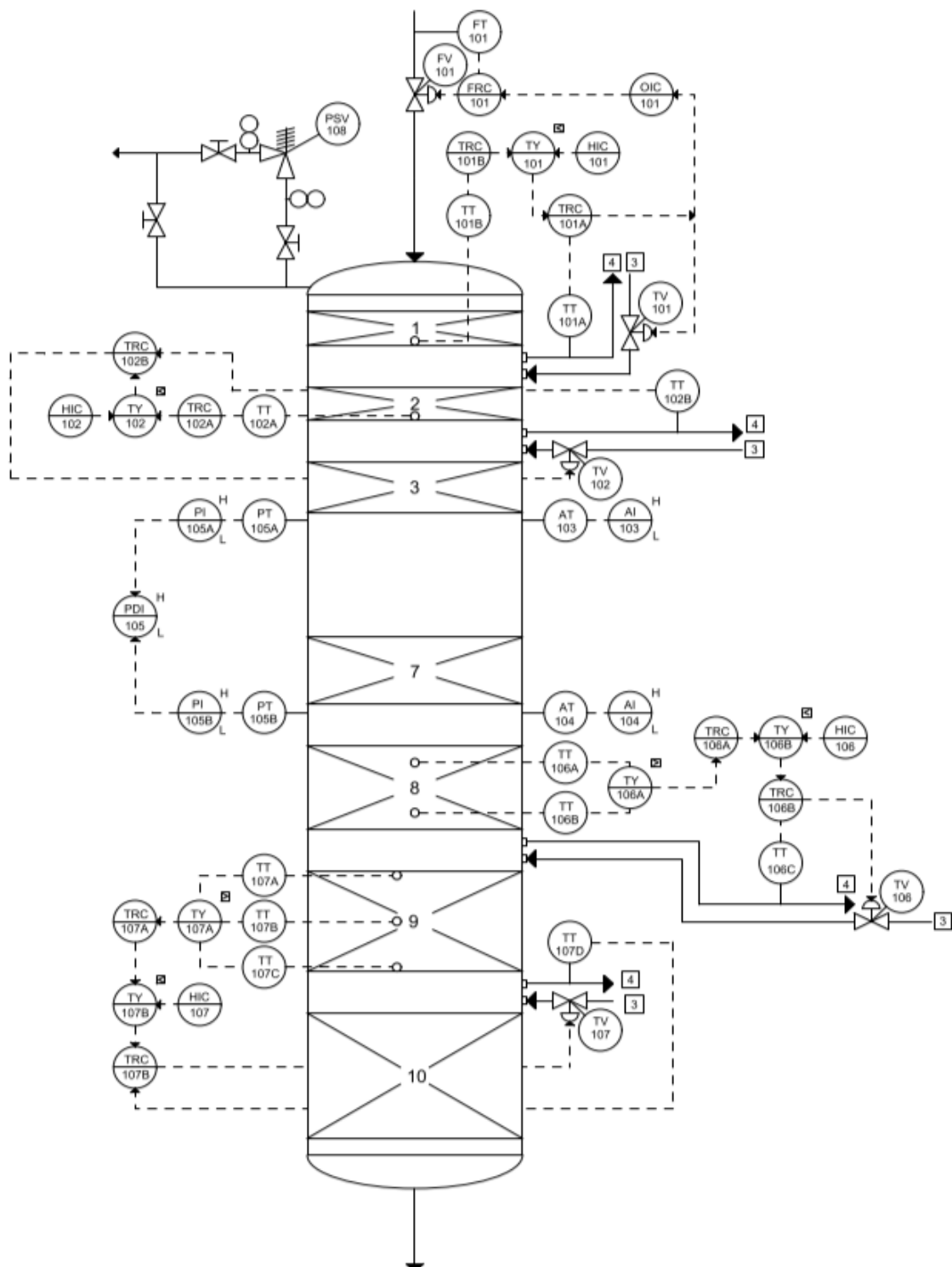


Figura 6.2. Recorte plano 5B (diagrama instrumentación y tuberías-reactores R-101/R-102/R-103). Elaboración propia.

6.5.2. Torre de extracción T-101

La finalidad de este apartado es exponer el control de los parámetros operativos básicos de una torre de extracción: proporción del flujo de disolvente respecto al flujo de alimentación, presión, concentración y seguridad.

El control de las torres de extracción trae consigo muchos beneficios potenciales, incluido el aumento de la productividad y la mejora de la seguridad y la calidad del producto; dichos resultados generales son la consecuencia de la elección y el empleo de la estrategia de control apropiada. (*Lipták, 1995*)

6.5.2.1. Lazo de control de proporción del flujo de disolvente respecto al de alimentación

El lazo de control de la proporción del flujo de disolvente en función del flujo de alimentación es el lazo de mayor importancia en la arquitectura de control de cualquier torre de extracción, puesto que se requiere que se cumpla la relación de flujos para que la extracción se desarrolle adecuadamente; ya que esta variable influye de manera directa en la calidad del producto y la productividad.

Dicha variable es controlada a través de la modificación del flujo de disolvente (variable manipulada), debido a que afecta significativamente, rápidamente y de forma directa a la proporción de flujos de entrada y a las especificaciones de la corriente de extracto (concentración y flujo). Así pues, en este caso las variables medidas son el flujo de disolvente y el flujo de alimentación.

A raíz del objetivo de control del lazo planteado se decide elegir una técnica de control avanzada, el control relacional o ratio control.

Una estrategia de control basada en el control relacional es una configuración empleada para mantener el flujo de una corriente de proceso en una proporción especificada con respecto al flujo de otra corriente. Como en el ejemplo de la torre de extracción donde se combinan o mezclan dos corrientes de entrada, alimentación o disolvente, para producir dos corrientes suma de estas, extracto y refinado; las cuales tendrán una composición y un flujo concretos y diferentes. La corriente de alimentación (flujo de alimentación) se selecciona como la corriente maestra o no controlada y el flujo de la otra corriente (flujo de disolvente) es manipulado. Por

consiguiente, el flujo maestro se mide, y el flujo manipulado se ajusta para mantener una relación fija entre ambos flujos. (Kuphaldt, 2015) (Mahoney et col., 2014)

En la Figura 6.3 se recoge el esquema de un lazo con control relacional, se describe una analogía con el caso concreto de la torre de extracción; dado que se modifica el flujo de pigmento (disolvente) en función del flujo de base (alimentación) para conseguir una pintura de una composición determinada (extracto) mediante el control de una relación fija ente ambos flujos. La válvula de control situada en la corriente de base no sería necesaria.

El control relacional puede considerarse una forma de control feedforward, ya que las variables medidas se encuentran aguas arriba del proceso. (Mahoney et col., 2014)

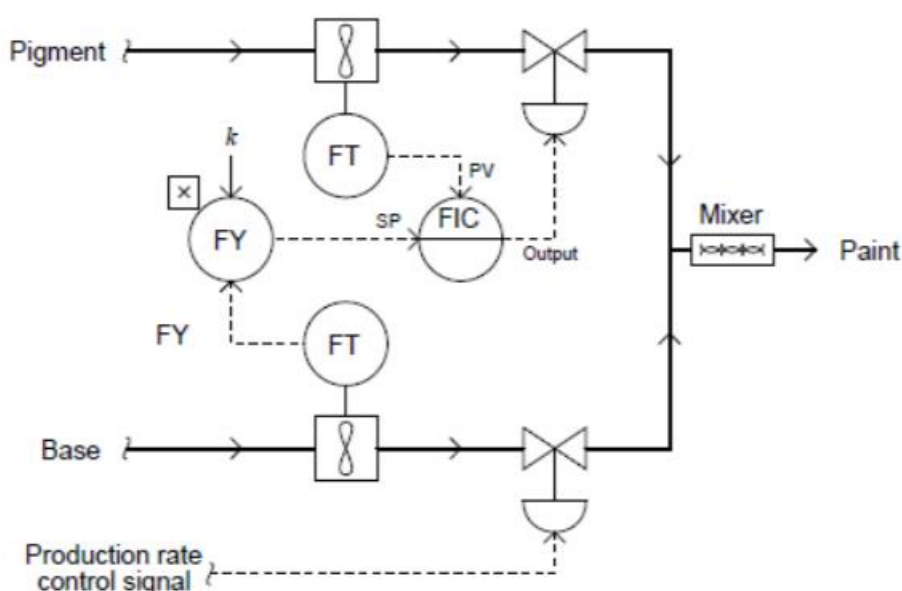


Figura 6.3. Esquema de control relacional. (Mahoney et col., 2014)

Como se puede observar en el Documento II. Planos, diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID) – torres de extracción T-101/T-102/T-103 (nº plano: 5C) se emplea la estrategia de control relacional descrita para el lazo de control 111. En la Figura 6.4 se recoge un recorte ilustrativo del plano 5C.

6.5.2.2. Lazo de presión diferencial

La presión diferencial en la torre de extracción T-101 realmente no es una variable controlada, sino que se mide y se muestra al operador como una alarma, ya que esta es una buena medida indirecta de anomalías de flujo asociadas al nivel y a la presión.

Esta variable únicamente se controlaría de manera manual, ya que la regulación de esta variable por medio de un controlador para llevarla al punto de consigna formaría parte del control selectivo; es decir, se encontraría como un refuerzo de seguridad más allá del control básico.

En la Figura 6.4, recorte ilustrativo del diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID) – torres de extracción T-101/T-102/T-103, la estrategia descrita puede apreciarse en el lazo 109.

6.5.2.3. Lazo de composición

La composición en la torre de extracción T-101 al igual que la presión diferencial no es una variable controlada, sino que se mide y se muestra al operador como una alarma. Por lo tanto, esta variable es controlada de manera manual, ya que su regulación se realiza a partir de los lazos de control de la proporción del flujo de disolvente en función del flujo de alimentación.

En la Figura 6.4, recorte ilustrativo del diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID) – torres de extracción T-101/T-102/T-103, la estrategia descrita puede apreciarse en el lazo 110; este mide la composición en la corriente de salida de extracto.

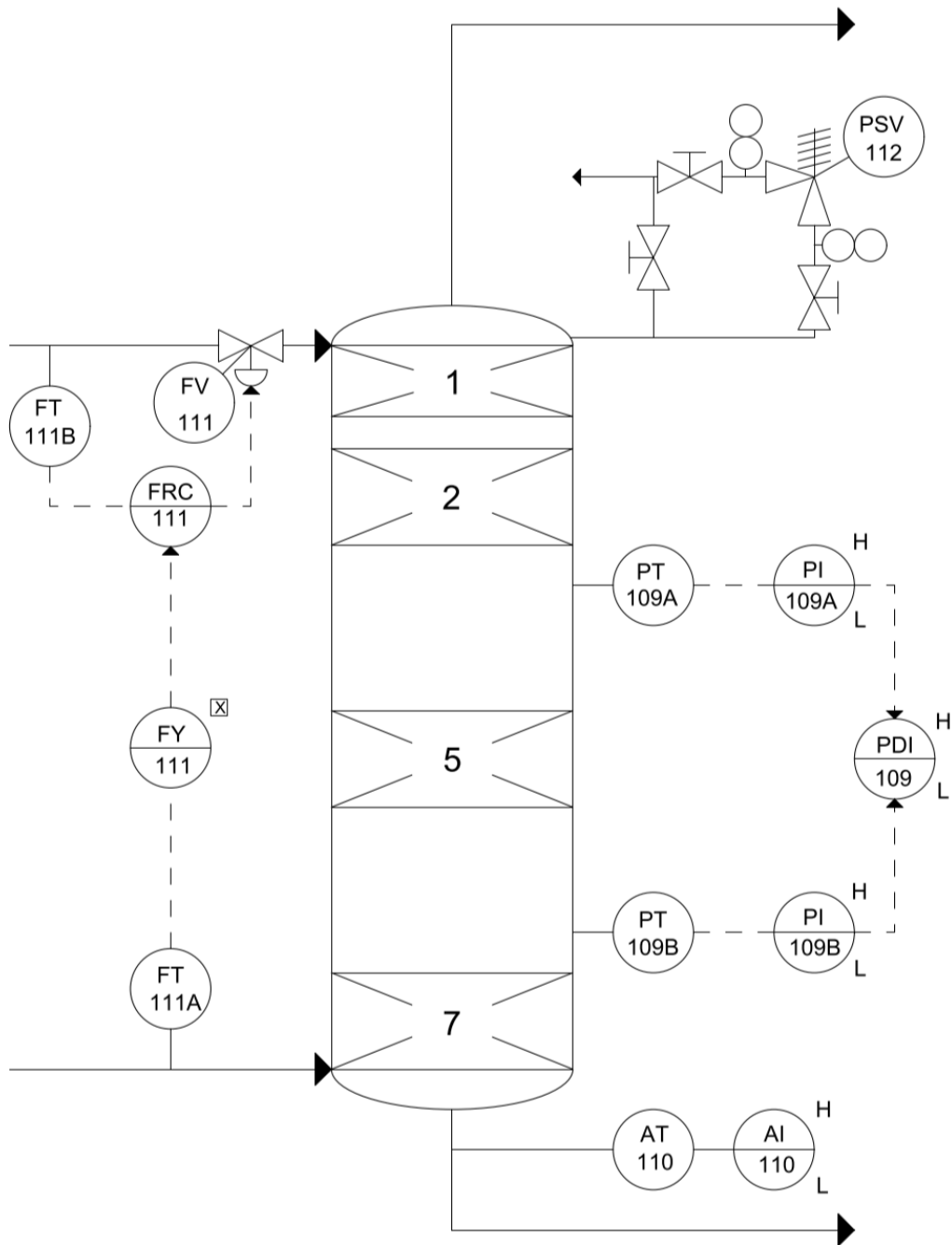


Figura 6.4. Recorte plano 5C (diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID) – torres de extracción T-101/T-102/T-103). Elaboración propia.

6.6. Algoritmos de control

Se escogerán los pertinentes algoritmos de control para cada uno de los controladores implementados en los lazos de control del reactor R-101 y de la torre de extracción T-101.

En primer lugar, se describirá el comportamiento de cada uno de los lazos en función a su naturaleza y se expondrá en base a ella los algoritmos de control de uso habitual: *(Kuphaldt, 2015) (Mahoney et col., 2014)*

- Lazos de flujo. Este tipo de procesos responden muy rápidamente y el tiempo muerto es muy pequeño, incluso para elevadas longitudes de conducción. La medida de flujo es por su propia naturaleza de mucho ruido, por ello la acción derivativa está totalmente desaconsejada por la posibilidad de inestabilizar el lazo de control. El control de flujo es uno de los lazos que permite emplear un controlador I solo, pero puede retardar significativamente la respuesta; por consiguiente, en general, en estos lazos se emplea un controlador PI.
- Lazos de temperatura. Esta variable posee una velocidad de respuesta lenta y en muchas ocasiones tiempos muertos significativos, además la propia medida tiene un retardo asociado. La medida de temperatura no posee una cantidad de ruido significativa. El control de la temperatura habitualmente aconseja la utilización de un controlador PID, sobre todo en una situación como la de este proceso donde el reactor es un sistema que tiene tal inercia que puede llegar a descontrolarse. Los controladores P y PI también son recomendables en el control de la temperatura, aunque en menor medida que el controlador PID.
- Lazos de presión. La presión en líquidos se comporta de la misma manera que el flujo, ya que el objetivo de estos lazos es mantener la presión en el punto de consigna deseado manipulando el flujo. Por ello, el control de presión se realiza normalmente a través de un controlador PI.
- Lazos de composición. La composición es la variable con la respuesta más lenta debido fundamentalmente al sistema necesario de acondicionamiento de la muestra y al sistema de análisis de la variable a medir. Por lo tanto, en el control de composición es recomendable el empleo de un controlador PID.

Se ha explicado el comportamiento según su naturaleza de los tipos de lazos existentes en la instalación de producción de MEG, junto a los controladores de uso más frecuente en cada uno de ellos. Sin embargo, únicamente se escogen algoritmos de control para los lazos empleados en el reactor y la torre de extracción que realmente implementen controladores. En otras palabras, para el lazo de presión diferencial y concentración como solo se muestra su valor, se controlarían de manera manual; simplemente se propone el controlador de posible empleo si en un futuro se decide poner en funcionamiento su control automático.

Por último, en base a lo antes planteado y a las ventajas e inconvenientes (Tabla 6.5) de los algoritmos de control valorados, se seleccionan los siguientes controladores:

- Reactor R-101. Lazos de control de temperatura (101, 102, 106, 107) se emplea en el lazo esclavo un controlador PID y en el lazo maestro un controlador PI, debido a que es necesario que el tiempo de respuesta del controlador secundario sea menor que la cuarta parte del tiempo de respuesta del controlador primario; solo así el control en cascada será estable. Además, se elimina la acción derivativa del controlador del lazo maestro ante una posibilidad de existencia de ruido en la medida de temperatura, ya que los termopares se encuentran en el interior de un lecho catalítico. En referencia al lazo de control de flujo dentro de la arquitectura del lazo 101, se establece un controlador PI por su rápida respuesta y su capacidad de devolver el proceso al estado estacionario.
- Torre de extracción T-101. Lazo de control de proporción del flujo de disolvente respecto al de alimentación (111), puesto que es un lazo de flujo se implementa un controlador PI por su rápida respuesta y su capacidad de devolver el proceso al estado estacionario.

Tabla 6.5. Ventajas e inconvenientes de los distintos tipos de control. Elaboración propia a partir de Kuphaldt, 2015 y Mahoney et col., 2014

	P (proporcional)	I (integral)	PI (proporcional + integral)	PID (proporcional + integral + derivativo)
Ventajas	Respuesta rápida Minimiza fluctuaciones	Devuelve el proceso al estado estacionario	Respuesta significativamente rápida Devuelve el proceso al estado estacionario	Devuelve el proceso al estado estacionario Controla procesos con salidas que cambian rápidamente Es el más robusto
Inconvenientes	Genera offsets importantes No devuelve el proceso al valor de consigna	No se emplea solo, es muy lento Puede generar inestabilidad	Respuesta lenta en determinados lazos de temperatura y concentración	Sensible al ruido Es el más caro

7. NORMAS Y LEGISLACIÓN

7.1. Normativa de afectación

En este apartado se introduce de forma breve la legislación aplicable en materia de seguridad industrial al presente proyecto. Así, se expone en la Tabla 7.1 el resumen de la legislación. Cabe destacar que según el RD 840/2015 esta instalación clasifica como establecimiento de nivel superior.

Tabla 7.1. Normativa de aplicación en materia de seguridad. Fuente: Adaptación de la legislación.

Normativa	Afectación
Real Decreto 2085/1994, de 20 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones petrolíferas.	Capítulo I, Artículo 2. Campo de aplicación del reglamento. 3 – Los almacenamientos de carburantes y combustibles líquidos para uso propio en instalaciones industriales, agrícolas ganaderas domésticas y de servicio.
Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.	Disposición transitoria única. Régimen de aplicación. Las prescripciones del reglamento aprobado por este real decreto serán de aplicación, a partir de su entrada en vigor, a los nuevos establecimientos industriales que se construyan o implanten y a los ya existentes que se trasladen, cambien o modifiquen su actividad.
Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.	Capítulo I, Artículo I. 2 – El presente reglamento se aplica a la instalación, inspecciones periódicas, reparación y modificación, de los equipos a presión sometidos a una presión máxima admisible superior a 0,5 bar.
Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.	Debido a las cantidades de óxido de etileno presentes en la instalación, esta instalación clasifica como establecimiento de nivel superior.

<p>Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10.</p>	<p>Artículo 2. Ámbito de aplicación.</p> <p>1 – El presente reglamento y sus instrucciones técnicas complementarias (ITCs) se aplicarán a las instalaciones de nueva construcción, así como a ampliaciones o modificaciones de las existentes, referidas al artículo anterior no integradas en las unidades de proceso y no serán aplicables a los productos y actividades para los que existan reglamentaciones de seguridad específicas si en ellas se recogen las condiciones de seguridad en los almacenamientos.</p> <p>Queda clasificado dentro de este reglamento porque las cantidades de óxido de etileno, furfural, monoetilenglicol y dietilenglicol son superiores a los límites establecidos.</p>
<p>Real Decreto 393/2007, de 23 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia.</p>	<p>Artículo 2. Ámbito de aplicación.</p> <p>1 – Las disposiciones de este real decreto se aplicarán a todas las actividades comprendidas en el anexo I de la Norma Básica de Autoprotección aplicándose con carácter supletorio en el caso de las Actividades con Reglamentación Sectorial Específica, contempladas en el punto 1 de dicho anexo.</p>
<p>Directiva 2006/42/CE, de 17 de mayo, relativa a las máquinas.</p>	<p>Artículo I. Ámbito de aplicación.</p> <p>1 – La presente Directiva se aplicará a los siguientes productos:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Las máquinas b) Los equipos intercambiables c) Los componentes de seguridad d) Los accesorios de elevación e) Las cadenas, cables y cinchas f) Los dispositivos amovibles de transmisión mecánica g) Las cuasi máquinas
<p>Reglamento (CE) Nº 1272/2008, de 16 de diciembre, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas.</p>	<p>Afecta a todas las sustancias en el mercado de la Unión Europea.</p>

<p>Reglamento (CE) Nº 1907/2006, de 18 de diciembre, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de sustancias y preparados químicos (REACH), por el que se crea la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos.</p>	<p>Afecta a todas las sustancias en el mercado de la Unión Europea.</p>
--	---

7.2. Normas, guías y códigos de diseño

En este apartado se introducen las principales normas, guías y códigos de diseño empleados a lo largo del presente proyecto:

- Guía DOW de fuego y explosión: Es una herramienta de evaluación para el riesgo de fuego y explosión de una determinada unidad de proceso.
- ANSI/ISA-5.1: Estándar sobre símbolos e identificación de elementos de instrumentación y control.
- API RP 520: Guía sobre dimensionado, selección e instalación de dispositivos de alivio de presión en refinerías.
- ASME BPV: Código de referencia para el diseño mecánico de recipientes a presión.
- DIN 28011: Estándar para el dimensionado de cabezales torisféricos.

8. SEGURIDAD

8.1. Introducción

En este apartado se van a introducir las principales consideraciones de seguridad que se han tenido en cuenta a la hora del diseño de la planta, aunque algunos aspectos ya han sido tratados en el apartado de alternativas como el inventario de sustancias o los diagramas de compatibilidades.

8.2. Distancias de seguridad

8.2.1. Introducción

Se desarrollarán todos aquellos aspectos que resultan fundamentales a la hora de confeccionar el plano de implantación de la planta de producción de MEG. En base a dichos puntos y junto a la información bibliográfica relativa a las distancias recomendadas entre unidades de proceso, se establecen en la Tabla 8.1 las separaciones pertinentes entre bloques y equipos. Por último, estas distancias serán comparadas con los radios de afectación analizados en los estudios de seguridad realizados mediante el índice DOW.

8.2.2. Aspectos relevantes

Se listarán los distintos aspectos estudiados en la estructuración de las secciones de la instalación tanto por su importancia como por su grado de influencia en el correcto desarrollo de las operaciones del proceso: *(GE Global Asset Protection Services, 2001) (Sinnot, 2007)*

- Separación entre áreas o secciones.
- Segregación de unidades para evitar propagación de incendios.
- En relación con el diagrama de flujo del proceso, los equipos con necesidades de acceso deben situarse cerca de los límites de la unidad y estar orientados hacia las pistas de comunicación (carreteras...).
- Disponer de elementos de equipo dentro de cada una de las secciones en las que se divide la planta, es decir, realizar una agrupación de equipo semejante para facilitar la operación, el control y el mantenimiento.
- Clasificar los distintos elementos de equipo agrupados en bloques de proceso en función del riesgo a explosión y a incendios, en otras palabras, según el grado de peligrosidad del equipo y el potencial de pérdidas.
- Identificar y ubicar los servicios de proceso (áreas de utilidades), las salas de control, los edificios de servicio (oficinas...), las zonas de almacenamiento y los bastidores de carga y descarga.
- Consideración de la dirección en la que prevalecen los vientos en la ubicación concreta de la planta, ya que la instalación deberá orientarse en la dirección del viento que no arrastre los vapores de una fuga hacia poblaciones cercanas o los edificios de servicio de la instalación.
- Por último, establecer las distancias entre secciones y entre los distintos elementos de equipo dentro de las unidades.

8.2.3. Distancias entre unidades

Se colocarán los siguientes bloques o unidades en el plano de implantación de la planta de producción de MEG, a su vez se indica su forma de clasificación de acuerdo a las Figuras 8.1 y 8.2:

- Zona reacción (R-101/R-102/R-103): unidades de proceso de riesgo intermedio (*process units intermediate hazard*).
- Zona separación por extracción (T-101/T-102/T-103): unidades de proceso de riesgo moderado (*process units moderate hazard*).
- Zona separación por destilación (D-101, D-102 y D-103): unidades de proceso de riesgo moderado (*process units moderate hazard*).
- Zona almacenamiento reactivos: tanques de almacenamiento a presión atmosférica (*atmospheric storage tanks*).
- Zona almacenamiento disolvente: tanques de almacenamiento a presión atmosférica (*atmospheric storage tanks*).
- Zona almacenamiento productos: tanques de almacenamiento a presión atmosférica (*atmospheric storage tanks*).
- Planta tratamiento aguas: áreas de utilidades (*utilities areas*).
- Sala control: salas de control (*control rooms*).
- Laboratorios: edificios de servicio (*service buildings*).
- Oficinas: edificios de servicio (*service buildings*).
- Comedor: edificios de servicio (*service buildings*).
- Taller mantenimiento: edificios de servicio (*service buildings*).
- Aparcamientos: edificios de servicio (*service buildings*).
- Emergencias: edificios de servicio (*service buildings*).
- Servicio médico: edificios de servicio (*service buildings*).
- Terminal de carga: bastidores de descarga o carga (*unloading and loading racks*).
- Terminal de descarga: bastidores de descarga o carga (*unloading and loading racks*).
- Pipe rack: bastidores de tuberías (*pipe racks*).

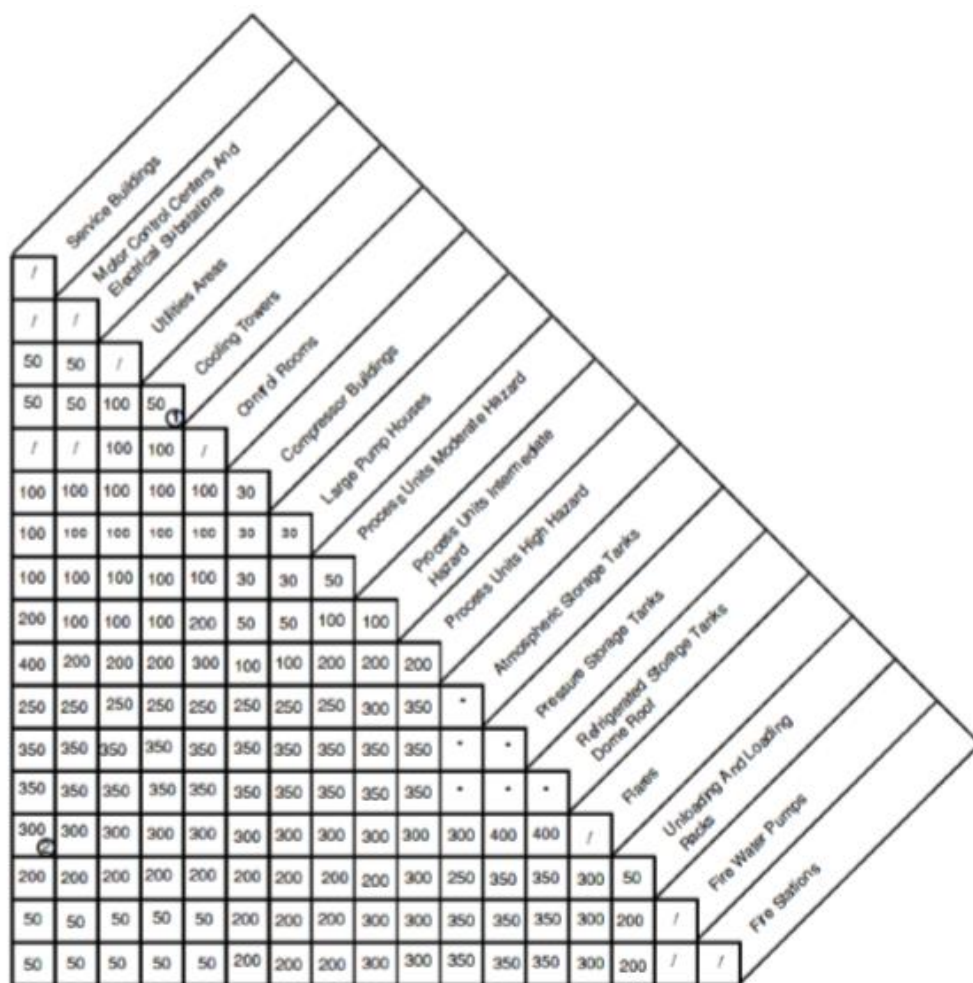


Figura 8.1. Distancias recomendadas entre bloques, áreas o unidades (unidades en ft). (GE Global Asset Protection Services, 2001)

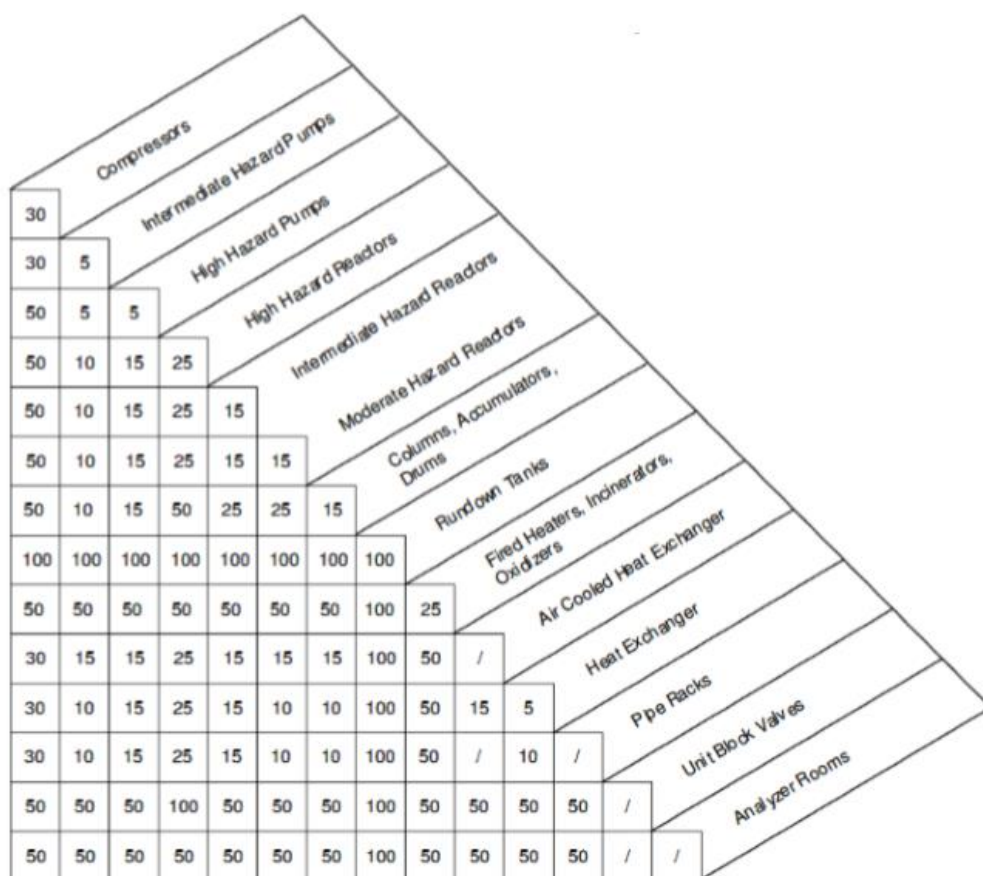


Figura 8.2. Distancias recomendadas entre equipos (unidades en ft). (GE Global Asset Protection Services, 2001)

En consecuencia, se recogen en la Tabla 8.1 las distancias recomendadas entre las distintas áreas existentes en la instalación a partir de la información de la Figura 8.1. A su vez, para aquellos equipos cuya localización será presentada en el plano de implantación, el pipe rack, y no aparezcan entre los distintos bloques considerados en la Figura 8.1; se ha aproximado su distancia recomendada a las distintas áreas de la instalación a partir de la Figura 8.2.

Tabla 8.1. Distancias recomendadas entre áreas y equipos recogidos en el plano de implantación. Elaboración propia a partir de GE Global Asset Protection Services, 2001.

m (ft)	U.R.I.	U.R.M.	T.P.A.	A.U.	S.C.	E.S.	B	T
U.R.I.	30,5 (100)							
U.R.M.	30,5 (100)	15,25 (50)						
T.P.A.	91,5 (300)	76,25 (250)	30,5 (100)*					
A.U.	30,5 (100)	30,5 (100)	76,25 (250)	-				
S.C.	61 (200)	30,5 (100)	76,25 (250)	30,5 (100)	-			
E.S.	61 (200)	30,5 (100)	76,25 (250)	15,25 (50)	-	-		
B	61 (200)	61 (200)	76,25 (250)	61 (200)	61 (200)	61 (200)	15,25 (50)	
T	4,58 (15)	3,05 (10)	30,5 (100)	3,05 (10)	30,5 (100)	15,25 (50)	30,5 (100)	-

Leyenda:

U.R.I.: Unidades de proceso de riesgo intermedio.

U.R.M.: Unidades de proceso de riesgo moderado.

T.P.A.: Tanques de almacenamiento a presión atmosférica.

A.U.: Áreas de utilidades.

S.C.: Salas de control.

E.S.: Edificios de servicio.

B: Bastidores de descarga o carga.

T: Bastidores de tuberías.

*: las distancias entre áreas de tanques de almacenamiento a presión atmosférica se determinan en función del mayor diámetro de tanque, ya que en este caso no se posee dicha información se toma un valor aproximado mediante la Figura 8.2. (*GE Global Asset Protection Services, 2001*)

∴ no se requiere espaciado.

8.2.4. Comparativa con radios de afectación (estudios de seguridad)

Las distancias establecidas entre unidades y equipos de proceso (Tabla 8.1) serán comparadas con el radio de afectación obtenido del estudio del índice DOW para la zona de reacción (R-101, unidades de proceso de riesgo intermedio) y la zona de separación por extracción (T-101, unidades de proceso de riesgo moderado).

El índice DOW proporciona un radio de afectación para la zona de reacción (R-101) de 27,43 m y para la zona de separación por extracción (T-101) de 12,19 m. Confrontando estas distancias con las establecidas en la Tabla 8.1, la menor separación para las unidades de proceso de riesgo intermedio sería de 30,5 m y para unidades de riesgo moderado 15,25 m, excepto para el rack de tuberías para ambos bloques.

Por consiguiente, las separaciones establecidas cumplirían los requisitos de las distancias de seguridad, salvo para el rack de tuberías, pero es necesario que este equipo se encuentre cerca de los bloques de reacción y separación por extracción.

8.2.5. Distancias mínimas legales entre equipos

Las distancias mínimas legales entre equipos vienen recogidas en los Reales Decretos 656/2017 y 2060/2008, los mínimos legales aparecen resumidos en la Tabla 8.2 y son, en general, menos restrictivos que los recomendados por la bibliografía empleada (Tabla 8.1); no obstante, una vez realizado el plano de implantación se ha comprobado que todos los equipos estuvieran situados a distancias mayores que las establecidas por la legislación.

Tabla 8.2. Distancias mínimas entre equipos. Elaboración propia a partir de RD 656/2017 y RD 2060/2008

	1	2	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	5	6
1	[1]									
2	20	0								
3.1	60	30	15							
3.2	30	15	15	25						
3.3	30	15	15	25	17					
4.1	60	30	30	30	30	0				
4.2	30	20	30	20	15	30	0			
4.3	20	15	25	20	15	0	0	0		
5	30	15	30	20	15	30	20	15	15	
6	[1]	30	60	30	20	60	20	15	30	15
7	[1]	20	60	30	20	40	20	15	20	35
8	[1]	20	60	30	25	30	30	25	20	20
9	[1]	15	30	20	15	30	20	15	20	15
10	[1]	20	60	30	25	60	40	20	20	35
11	[1]	30	100	60	40	100	60	30	40	35
[1] Las distancias mínimas varían considerablemente dependiendo del tipo de unidad de proceso y de las sustancias contenidas en ellas.										

Leyenda:

1. Unidades de proceso
2. Estaciones de bombeo y compresores
3. Recipientes de almacenamiento
 1. Clase A
 2. Clase B
 3. Clase C
4. Cargaderos
 1. Clase A
 2. Clase B
 3. Clase C
5. Balsas separadoras
6. Zonas de fuego abierto
7. Edificios administrativos y sociales, laboratorios, talleres, almacenes y otros edificios independientes.
8. Estaciones de bombeo de agua contra incendios

9. Vallado de la planta
10. Límites de propiedades exteriores en las que pueda edificarse y vías de comunicación públicas.
11. Locales y establecimientos exteriores de pública concurrencia.

8.3. Escenarios de fugas

8.3.1. Introducción

En este apartado se dará una descripción detallada de los escenarios de fuga que puede desencadenarse en el reactor R-101 y la torre de extracción T-101, además para el reactor se estudiará la presencia de una fuga tanto en la parte superior como en la inferior en búsqueda de posibles diferencias entre escenarios. Los escenarios que serán analizados en ambos equipos, en total tres, se modelizan como flujo de líquido a través de un orificio en un recipiente cilíndrico vertical (R-101 o T-101), ya que el material del mismo ha cedido generándose un punto de fuga. *(Crowld et col., 2011)*

A su vez, se calculará de la tasa de descarga a diferentes tiempos (cuantificación) y se realizará un estudio del impacto de distintas variables en el dimensionamiento del escenario.

8.3.2. Reactor R-101

8.3.2.1. Escenario de fuga en la parte superior

Se ha calculado la tasa de descarga de un líquido a través de una perforación de 10 mm de diámetro, el orificio es de bordes afilados y se encuentra en la parte superior del reactor R-101 entre el primer y segundo lecho, es decir, en la separación de 1,5 m entre lechos donde se localiza el serpentín de refrigeración. En la Figura 8.3 se expone el esquema del escenario a analizar.

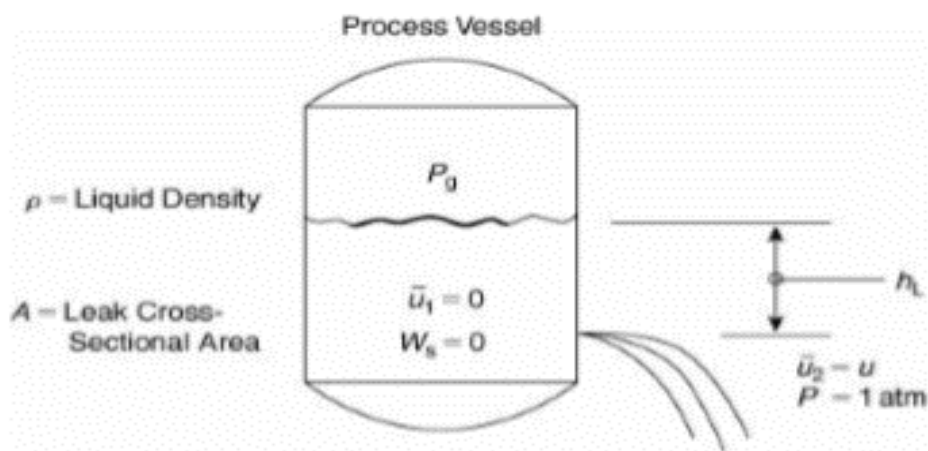


Figura 8.3. Esquema del escenario de análisis. (Crowld et col., 2011)

El recipiente se tomará como completamente lleno de líquido, por ello se determina que la perforación se ubicará 2,2 m por debajo del nivel del líquido. Además, se emplea como valor inicial del coeficiente de descarga (C_0) 0,61, dado que el orificio es de bordes afilados y se asumirá un número de Reynolds (Re) mayor que 30.000. Tras realizar todo el procedimiento de cálculo y cuantificar el escenario de fuga, se recalculará el Re para comprobar que la suposición utilizada es correcta. (Crowld et col., 2011)

En la Tabla 8.3 se exponen el diámetro del equipo (D_{carcasa}), el diámetro de orificio (D_{orificio}) y la altura inicial del nivel del líquido por encima del orificio (h_L^0); esto es, diferentes dimensiones que se precisan para la determinación de la tasa de descarga.

Tabla 8.3. Dimensiones para la determinación de la tasa de descarga. Elaboración propia.

D_{carcasa} (m)	3,66
D_{orificio} (m)	0,01
h_L^0 (m)	2,2

En la Tabla 8.4 se recogen las propiedades físicas de la corriente de alimentación al reactor, se considera que las propiedades de la corriente fugada son idénticas a estas; debido a que la conversión experimentada tras el primer lecho es menor al 10%. En la Tabla 8.4 también se presenta el valor de C_0 .

Tabla 8.4. Propiedades físicas de la corriente fugada y coeficiente de descarga. Elaboración propia.

ρ (lb _m /ft ³)	59,73
μ (lb _m /ft·s)	0,00021
g_c (ft·lb _m /lb _f ·s ²)	32,17
g (ft/s ²)	32,17
C_0	0,61

A continuación, por medio de la ecuación [8.1] se calcularán el área del orificio y el área de la sección transversal del recipiente, esta última se asume constante al tratarse de una carcasa cilíndrica vertical de diámetro constante. En la Tabla 8.5a se recogen los resultados pertinentes.

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad [8.1]$$

Tabla 8.5a. Área del orificio y área de la sección transversal del recipiente. Elaboración propia.

A_{orificio} (ft ²)	0,00085
A_{carcasa} (ft ²)	113,26

Se considera que la presión manométrica en el espacio vacío por encima del líquido (P_g) es constante, esto ocurriría por ejemplo si el recipiente estuviera relleno con un gas inerte para evitar explosiones. Para este escenario se contempla como el valor de la presión normal de operación (4,41 bar), aunque en el inicio del escenario de fuga el recipiente se encuentre completamente lleno de líquido; menos el valor de la presión externa (P_{ext}) que será la atmosférica. En la Tabla 8.5b se presentan los valores para P_g y P_{ext} en términos relativos y absolutos.

Tabla 8.5b. Presión manométrica en el espacio vacío por encima del líquido y presión externa.

	P _{relativa} (psig)	P _{absoluta} (psia)	P (lb _f /ft ²)
P _g	49,26	-	7.093,82
P _{ext}	-	14,70	2.116,80

A continuación, se expone el balance de energía mecánico (ecuación [8.2]), dado que la corriente fugada está constituida por un líquido compresible su densidad es constante; y así se simplificará la integral de la diferencial de presión presente en el anterior balance a la forma presentada en la ecuación [8.3]. (Crowld et col., 2011)

$$\int \frac{\partial P}{\rho} + \Delta \left(\frac{\bar{u}^2}{2\alpha g_c} \right) + \frac{g}{g_c} \Delta z + F = -\frac{w_s}{\dot{m}} \quad [8.2]$$

$$\int \frac{\partial P}{\rho} = \frac{\Delta P}{\rho} \quad [8.3]$$

A mayores, de acuerdo a la Figura 8.4, esquema de los valores de las variables involucradas en el balance de energía mecánico para flujo de líquido a través de un orificio en un recipiente cilíndrico vertical; el trabajo (W_s), la fuerza (F), la diferencia de altura (Δz) y la velocidad del fluido en el recipiente (u_1) son nulos. Por lo tanto, despejando la velocidad media instantánea de descarga (velocidad del líquido en el orificio, $u_2 = \bar{u}$) y multiplicando por la densidad de la corriente fugada y el área del orificio, se obtiene el flujo másico instantáneo de descarga (Q_m). La ecuación [8.4] sería la expresión desarrollada para el cálculo de Q_m . (Crowld et col., 2011)

$$Q_m = \rho \bar{u} A_{\text{orificio}} = \rho A_{\text{orificio}} C_0 \sqrt{2 \left(\frac{g_c P_g}{\rho} + g h_L \right)} \quad [8.4]$$

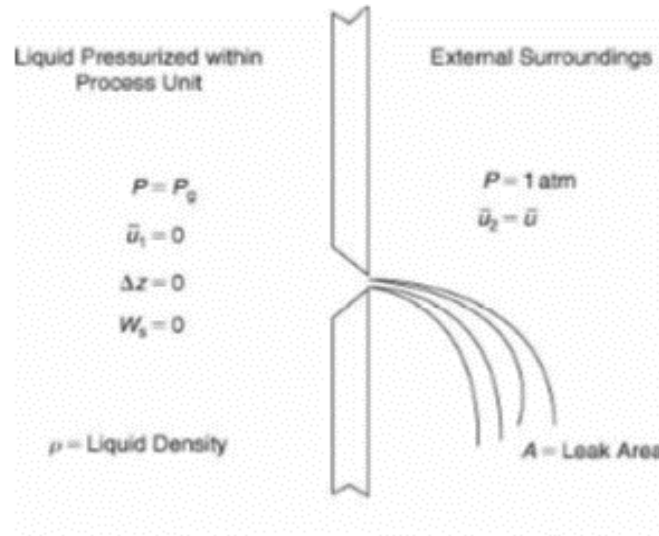


Figura 8.4. Esquema de las variables involucradas en el balance de energía mecánico para el escenario de análisis. (Crowld et col., 2011)

El flujo másico instantáneo de descarga será máximo para la altura inicial del nivel de líquido sobre el orificio, ya que a medida que el nivel de líquido en el tanque se acerque a la altura del orificio la velocidad y el caudal de descarga descenderán. Debido a que la presión de salida será menor al bajar la columna de líquido sobre ese punto.

A su vez, se introducen las ecuaciones para el cálculo del volumen y de la masa de líquido por encima del punto de fuga (ecuaciones [8.5] y [8.6] respectivamente), y el flujo másico de descarga en forma diferencial (ecuación [8.7]). (Crowld et col., 2011)

$$V = A_{carcasa} h_L \quad [8.5]$$

$$m = \rho A_{carcasa} h_L \quad [8.6]$$

$$\frac{\partial m}{\partial t} = -Q_m \quad [8.7]$$

Por lo tanto, ahora ya es posible determinar la variación de la altura del nivel del líquido sobre el orificio durante la fuga de manera diferencial mediante la ecuación [8.8]. (Crowld et col., 2011)

$$\frac{\partial h_L}{\partial t} = -\frac{C_0 A_{orificio}}{A_{carcasa}} \sqrt{2 \left(\frac{g_c P_g}{\rho} + g h_L \right)} \quad [8.8]$$

Integrando la anterior expresión se llega a la ecuación [8.9] que será la empleada en los cálculos de determinación de la tasa de descarga. (Crowld et col., 2011)

$$h_L = h_L^0 - \frac{C_0 A_{\text{orificio}}}{A_{\text{carcasa}}} \sqrt{\frac{2g_c P_g}{\rho} + 2gh_L^0} t + \frac{g}{2} \left(\frac{C_0 A_{\text{orificio}}}{A_{\text{carcasa}}} t \right)^2 \quad [8.9]$$

Sustituyendo esta última expresión en la ecuación para el cálculo del flujo másico instantáneo de descarga (ecuación [8.9]) se determinará el flujo másico medio de descarga para un tiempo t ($Q_{m, \text{medio}}$), ecuación [8.10]. (Crowld et col., 2011)

$$Q_{m, \text{medio}} = \rho C_0 A_{\text{orificio}} \cdot \sqrt{2 \left(\frac{g_c P_g}{\rho} + gh_L^0 \right)} - \frac{\rho g C_0^2 A_{\text{orificio}}^2}{A_{\text{carcasa}}} t \quad [8.10]$$

Cuando la altura del nivel del líquido por encima del orificio sea 0, se producirá la descarga completa de la masa de líquido localizada sobre la perforación y se podrá obtener el tiempo hasta completarla (t_e) a partir de la ecuación [8.11]. (Crowld et col., 2011)

$$t_e = \frac{1}{C_0 g} \left(\frac{A_{\text{carcasa}}}{A_{\text{orificio}}} \right) \left[\sqrt{2 \left(\frac{g_c P_g}{\rho} + gh_L^0 \right)} - \sqrt{\frac{2g_c P_g}{\rho}} \right] \quad [8.11]$$

Una vez introducidas todas las expresiones necesarias, se desarrolla el procedimiento de cálculo para la cuantificación del escenario de fuga. Se calculan y se recogen en la Tabla 8.6:

- Volumen (V) y masa de líquido (m) sobre del punto de fuga, ecuaciones [8.5] y [8.6] respectivamente.
- Tiempo hasta completar la descarga de la masa de líquido localizada sobre la perforación (t_e), ecuación [8.11].
- Flujo másico máximo de descarga en el instante inicial ($Q_{m, \text{máx}}$), ecuación [8.10].
- Flujo másico medio de descarga para t_e , es decir, el flujo másico medio de descarga de toda la masa de fluido sobre el orificio ($Q_{m, \text{medio}}$); ecuación [8.10].
- Flujo másico medio de descarga durante 10 min de fuga ($Q_{m, 10}$), dado que se pondría una solución en este tiempo. Este tiempo es el más habitual y se produce en instalaciones parcialmente automatizadas, condicionantes: sistema de detección, válvulas de aislamiento y accionamiento remoto. Ecuación [8.10]. (Crowld et col., 2011)
- Flujo másico medio de descarga durante 30 min de fuga ($Q_{m, 30}$). Este tiempo de solución es propio de instalaciones con una gran intervención manual. Ecuación [8.10]. (Crowld et col., 2011)
- Distintas velocidades de descarga: $u_{\text{máx}}$, u_{media} , u_{10} y u_{30} . Ecuación [8.4].
- Distintas masas de líquido fugadas: $m_{\text{máx}}$, m_{media} , m_{10} y m_{30} . Se obtienen multiplicando el correspondiente flujo másico de descarga por el tiempo de fuga.

Tabla 8.6. Resultados para el escenario de fuga en la parte superior del reactor R-101.

Elaboración propia.

V (m ³)	23,15
m (kg)	22.146,75
t _e (s)	17.866
Q _{m, máx} (kg/s)	1,26
u _{máx} (m/s)	16,74
m _{máx} (kg)	1,26
Q _{m, medio} (kg/s)	1,22
u _{media} (m/s)	16,25
m _{media} (kg)	21.820,07
Q _{m, 10} (kg/s)	1,26
u ₁₀ (m/s)	16,72
m ₁₀ (kg)	753,97
Q _{m, 30} (kg/s)	1,25
u ₃₀ (m/s)	16,69
m ₃₀ (kg)	2.257,50

Por último, se pretende verificar los resultados calculando el valor del Re (ecuación [8.12]) para la velocidad correspondiente al flujo másico de descarga máximo, al medio y para 10 y 30 min de descarga. En la Tabla 8.7 se presenta los valores del Re para estas velocidades.

$$Re = \frac{\rho u D_{\text{orificio}}}{\mu} \quad [8.12]$$

Puesto que, el Re supera al valor de 30.000 supuesto para la determinación inicial del coeficiente de descarga (C₀), se concluye que los resultados obtenidos son válidos.

Tabla 8.7. Reynolds para las distintas velocidades de descarga estudiadas. Elaboración propia.

Re (Q _{m, máx})	516.103,69
Re (Q _{m, medio})	501.099,45
Re (Q _{m, 10})	515.599,81
Re (Q _{m, 30})	514.592,06

La instalación de producción de MEG se considera como una planta parcialmente automatizada que posee los condicionantes necesarios para asumir que se pondría una solución al escenario de fuga en 10 min, por ello el flujo másico medio de descarga durante 10 min de fuga ($Q_{m,10}$), la respectiva velocidad de descarga (u_{10}) y masa de líquido fugada (m_{10}) serán las variables a tener en cuenta. En función a los valores de las variables antes comentadas, se decide colocar cubetos en torno a reactor R-101 como medida para solventar el escenario de fuga planteado.

Además, se procederá a estudiar el impacto de distintas variables en el dimensionamiento del escenario de fuga. Observando los valores de la masa de líquido descargado desde el instante inicial hasta la descarga completa de toda la masa de líquido sobre el orificio, la velocidad y el flujo másico de descarga no descienden de manera significativa.

Por ende, se estudiará la influencia de h_L^0 , D_{orificio} , P_g y D_{carcasa} ; sobre el escenario en el que la fuga es solventada 10 min después de su inicio. Finalmente, se rediseñará una nueva instalación de manera cualitativa modificando los parámetros de manera justificada, con el fin de reducir la magnitud del escenario de fuga.

Resulta evidente que para aquellas variables que aumenten el flujo másico medio de descarga durante 10 min de fuga, también lo harán para el resto de flujos másicos calculados; y viceversa.

A continuación, se recogen las conclusiones del impacto de los parámetros que son de sencilla manipulación en el dimensionamiento del escenario de fuga:

- Altura inicial del nivel del líquido por encima del orificio (h_L^0). Un mayor nivel de líquido sobre el orificio incrementará la velocidad de descarga, el flujo másico, la masa descargada y el Re; ya que la presión ejercida por la columna de líquido será mayor. Un descenso del nivel ocasionará el efecto contrario. En consecuencia, de manera ideal se pretende que exista el menor nivel de líquido sobre el orificio. Sin embargo, dado que no se puede conocer el punto exacto donde se producirá la fuga, un nivel de líquido muy bajo puede limitar la operación (sequedad del tanque) y la variación del nivel no tendrá un efecto exagerado sobre la masa descargada; se buscará un equilibrio, condicionado por los requerimientos de la planta, entre un nivel bajo y alto. En la Tabla 8.8 se presentan los resultados obtenidos al modificar este parámetro.
- Diámetro del orificio (D_{orificio}). Su descenso aumenta la velocidad, pero a su vez disminuye el flujo másico, la masa descargada y el Re. Su aumento producirá el efecto contrario, incrementando en gran medida la masa descargada. Es decir, un mayor diámetro del punto de fuga favorecerá el proceso de descarga. En consecuencia, se

plantea realizar mantenimientos frecuentes para eliminar o reducir la aparición de fugas de diámetros mayores al planteado. Cabe destacar que la velocidad de descarga se ve modificada de manera insignificante de un caso a otro. En la Tabla 8.8 se presentan los resultados obtenidos al modificar este parámetro.

Tabla 8.8. Comparativa de velocidades y flujos de descarga, masas descargadas y Re para distintos diámetros de orificio y alturas iniciales del nivel del líquido por encima del orificio.

Elaboración propia.

	valor	u_{10} (m/s)	$Q_{m, 10}$ (kg/s)	m_{10} (kg)	Re ($Q_{m, 10}$)
h_L^0 (m)	1	16,46	1,24	742,09	507.470,63
	4	17,11	1,29	771,46	527.559,01
D_{orificio} (m)	0,005	16,73	0,31	188,63	257.988,86
	0,02	16,67	5,01	3.007,06	1.028.176,36

A su vez, se recogen las conclusiones cualitativas del impacto en el dimensionamiento del escenario de aquellas variables relacionadas con la operación y/o el diseño del equipo, como se pretende analizar y no cambiar el proceso y/o el diseño no se modifican de manera cuantitativa.

- Presión manométrica en el espacio vacío por encima del líquido (P_g). El descenso de la presión manométrica reduce la velocidad, el flujo másico, la masa descargada y el Re. En cambio, su aumento las incrementa. Como al reducir este parámetro no se produce una gran disminución de la masa descargada, no interesa modificar el valor planteado por cuestiones operacionales.
- Diámetro del equipo (D_{carcasa}). Un menor diámetro de carcasa reducirá las cuatro magnitudes estudiadas y un mayor diámetro las incrementará. Sin embargo, si no se altera esta variable en una gran proporción los parámetros estudiados no cambian de manera sustancial. En consecuencia, se tratará de dimensionar tanques más pequeños en función de los requerimientos necesarios para la operación, pero sin invertir grandes esfuerzos en conseguirlo; ya que de esta práctica pueden derivarse otros inconvenientes.

En base a lo planteado para las variables que influirán en el dimensionamiento del escenario de fuga, se realizará de manera justificada un rediseño cualitativo de la instalación:

- Se diseñarán equipos de pequeño tamaño con un equilibrio entre un nivel de líquido bajo y alto, tratando de tender hacia el bajo; siempre se tendrán en cuenta las

necesidades operacionales. Además, se hará un gran hincapié en las tareas de mantenimiento para reducir la aparición de puntos de fuga de gran diámetro y limitar su aparición en las partes bajas del recipiente donde existiría un mayor nivel de líquido sobre la perforación

- La presión manométrica en el espacio vacío por encima del líquido no se modifica por cuestiones operacionales.
- A su vez, es crucial tener en cuenta el tipo de líquido que contendrá el recipiente, ya que, si se emplea un fluido no tóxico, no inflamable... Es decir, no peligroso desde todas las perspectivas que pueden contemplarse, en el caso de generarse una fuga solo se hablaría en términos de pérdidas económicas y no en daños para la salud o a la infraestructura industrial. El tipo de fluido empleado dependerá del proceso realizado en una determinada instalación industrial.

8.3.2.2. Escenario de fuga en la parte inferior

Se ha calculado la tasa de descarga de un líquido a través de una perforación de 10 mm de diámetro, el orificio es de bordes afilados y se encuentra en la parte inferior del reactor R-101 entre el noveno y décimo lecho, es decir, en la separación de 1,5 m entre lechos donde se localiza el serpentín de refrigeración.

El recipiente se tomará como completamente lleno de líquido, por ello se determina que la perforación se ubicará 15,8 m por debajo del nivel del líquido.

En la Tabla 8.9 se exponen el diámetro del equipo (D_{carcasa}), el diámetro de orificio (D_{orificio}) y la altura inicial del nivel del líquido por encima del orificio (h_L^0).

En la Tabla 8.10 se recogen las propiedades físicas de la corriente de salida del reactor, se considera que las propiedades de la corriente fugada son idénticas a estas; debido a que la conversión tras el noveno lecho es del 95% y a partir del décimo del 99%. En la Tabla 8.10 también se presenta el valor de C_0 , se ha realizado la misma consideración que para el escenario de fuga en la parte superior del reactor R-101.

Tabla 8.9. Dimensiones para la determinación de la tasa de descarga. Elaboración propia

D_{carcasa} (m)	3,66
D_{orificio} (m)	0,01
h_L^0 (m)	15,8

Tabla 8.10. Propiedades físicas de la corriente fugada y coeficiente de descarga. Elaboración propia

ρ (lb _m /ft ³)	65,31
μ (lb _m /ft·s)	0,00042
g_c (ft·lb _m /lb _f ·s ²)	32,17
g (ft/s ²)	32,17
C_0	0,61

Dado que el resto de variables necesarias para la cuantificación del escenario de fuga poseen los mismos valores que para el escenario de fuga en la parte superior del R-101, se calculan los resultados correspondientes al escenario en la parte inferior del reactor R-101. Dichos resultados se recogen en la Tabla 8.11.

Tabla 8.11. Resultados para el escenario de fuga en la parte inferior del reactor R-101. Elaboración propia

V (m ³)	166,25
m (kg)	173.900,29
t_e (s)	122.936
$Q_{m, \text{máx}}$ (kg/s)	1,55
$u_{\text{máx}}$ (m/s)	18,89
$m_{\text{máx}}$ (kg)	1,55
$Q_{m, \text{medio}}$ (kg/s)	1,28
u_{media} (m/s)	15,54
m_{media} (kg)	156.990,10
$Q_{m, 10}$ (kg/s)	1,55
u_{10} (m/s)	18,88
m_{10} (kg)	930,47
$Q_{m, 30}$ (kg/s)	1,55
u_{30} (m/s)	18,84
m_{30} (kg)	2.786,56

De igual manera al escenario de fuga anterior, se pretende verificar los resultados calculando el valor del Re para la velocidad correspondiente al flujo másico de descarga máximo, al medio y para 10 y 30 min de descarga. En la Tabla 8.12 se presenta los valores del Re para estas velocidades.

Tabla 8.12. Reynolds para las distintas velocidades de descarga estudiadas. Elaboración propia.

$Re (Q_{m, \text{máx}})$	314.418,67
$Re (Q_{m, \text{medio}})$	258.689,25
$Re (Q_{m, 10})$	314.146,68
$Re (Q_{m, 30})$	313.602,69

Puesto que, el Re supera al valor de 30.000 supuesto para la determinación inicial del coeficiente de descarga (C_0), se concluye que los resultados obtenidos son válidos.

La instalación de producción de MEG se considera como una planta parcialmente automatizada que posee los condicionantes necesarios para asumir que se pondría una solución al escenario de fuga en 10 min, por ello el flujo másico medio de descarga durante 10 min de fuga ($Q_{m, 10}$), la respectiva velocidad de descarga (u_{10}) y masa de líquido fugada (m_{10}) serán las variables a tener en cuenta. En función a los valores de las variables antes comentadas, se decide colocar cubetos en torno a reactor R-101 como medida para solventar el escenario de fuga planteado.

Las conclusiones del análisis de impacto de las distintas variables en el dimensionamiento de este escenario de fuga son análogas a las del escenario anterior.

8.3.3. Torre de extracción T-101

Se ha calculado la tasa de descarga de un líquido a través de una perforación de 10 mm de diámetro, el orificio es de bordes afilados y se encuentra en la parte inferior de la torre de extracción T-101. De forma precisa, el punto de fuga se localiza un metro sobre la parte inferior de la carcasa de manera que los respectivos accesorios internos se sitúen por debajo.

El recipiente se tomará como completamente lleno de líquido, por ello se determina que la perforación se ubicará 25,8 m por debajo del nivel del líquido.

En la Tabla 8.13 se exponen el diámetro del equipo (D_{carcasa}), el diámetro de orificio (D_{orificio}) y la altura inicial del nivel del líquido por encima del orificio (h_L^0).

Tabla 8.13. Dimensiones para la determinación de la tasa de descarga. Elaboración propia

D_{carcasa} (m)	3,35
D_{orificio} (m)	0,01
h_L^0 (m)	25,8

En la Tabla 8.14 se recogen las propiedades físicas de la corriente fugada, estas son calculadas como una media entre las propiedades de la corriente de alimentación y las de la corriente de disolvente; debido a que el fluido contenido en el interior del equipo es una adición de ambas corrientes. En la Tabla 8.14 también se presenta el valor de C_0 , se ha realizado la misma consideración que para los escenarios de fuga en el reactor R-101.

Tabla 8.14. Propiedades físicas de la corriente fugada y coeficiente de descarga. Elaboración propia

ρ (lb _m /ft ³)	68,21
μ (lb _m /ft·s)	0,00124
g_c (ft·lb _m /lb _f ·s ²)	32,17
g (ft/s ²)	32,17
C_0	0,61

A continuación, se calcularán el área del orificio y el área de la sección transversal del recipiente, esta última se asume constante al tratarse de una carcasa cilíndrica vertical de diámetro constante. En la Tabla 8.15 se recogen los resultados pertinentes.

Tabla 8.15. Área del orificio y área de la sección transversal del recipiente. Elaboración propia

A_{orificio} (ft ²)	0,00085
A_{carcasa} (ft ²)	94,88

Se considera que la presión manométrica en el espacio vacío por encima del líquido (P_g) es constante, se contempla para este escenario como 0,1 barg. En la Tabla 8.16 se presentan los valores para P_g y P_{ext} en términos relativos y absolutos.

Tabla 8.16. Presión manométrica en el espacio vacío por encima del líquido y presión externa.

Elaboración propia

	P _{relativa} (psig)	P _{absoluta} (psia)	P (lb _f /ft ²)
P _g	1,45	-	208,86
P _{ext}	-	14,70	2.116,80

Se desarrolla el procedimiento de cálculo, análogo al de los anteriores escenarios, para la cuantificación del escenario de fuga en la parte inferior de la torre de extracción T-101. Los resultados se recogen en la Tabla 8.17.

Tabla 8.17. Resultados para el escenario de fuga en la torre de extracción T-101.

Elaboración propia

V (m ³)	227,44
m (kg)	248.473,53
t _e (s)	349.346
Q _{m, máx} (kg/s)	1,20
u _{máx} (m/s)	13,97
m _{máx} (kg)	1,20
Q _{m, medio} (kg/s)	0,22
u _{media} (m/s)	2,61
m _{media} (kg)	78.231,29
Q _{m, 10} (kg/s)	1,20
u ₁₀ (m/s)	13,95
m ₁₀ (kg)	718,14
Q _{m, 30} (kg/s)	1,19
u ₃₀ (m/s)	13,91
m ₃₀ (kg)	2.148,39

De igual manera a los escenarios de fuga anteriores, se pretende verificar los resultados calculando el valor del Re para la velocidad correspondiente al flujo másico de descarga máximo, al medio y para 10 y 30 min de descarga. En la Tabla 8.18 se presenta los valores del Re para estas velocidades.

Tabla 8.18. Reynolds para las distintas velocidades de descarga estudiadas. Elaboración propia

Re ($Q_{m, \text{máx}}$)	82.934,38
Re ($Q_{m, \text{medio}}$)	15.495,15
Re ($Q_{m, 10}$)	82.818,55
Re ($Q_{m, 30}$)	82.586,90

Aquellas variables relacionadas con el flujo másico medio de descarga de toda la masa de fluido sobre el orificio ($Q_{m, \text{medio}}$, u_{media} , m_{media} y $Re (Q_{m, \text{medio}})$), marcadas en rojo en las Tablas 8.17 y 8.18, no toman valores válidos; ya que debido al elevado tiempo de vaciado (t_e) los ajustes pierden consistencia. Además, el Re es inferior al valor de 30.000 supuesto para la determinación inicial del coeficiente de descarga (C_0). Por consiguiente, existe un gran error entre la masa de líquido sobre el punto de fuga (m) y la masa total de líquido fugada calculada mediante el flujo másico medio de descarga (m_{media}). A mayores, las diferencias son considerables entre el flujo y la velocidad de descarga medios y los flujos y velocidades de descarga a otros tiempos, mientras que para los escenarios anteriores los valores de estas variables son similares.

Para el resto de situaciones, el Re supera al valor de 30.000 supuesto para la determinación inicial del coeficiente de descarga (C_0), se concluye que los correspondientes resultados obtenidos son válidos.

La instalación de producción de MEG se considera como una planta parcialmente automatizada que posee los condicionantes necesarios para asumir que se pondría una solución al escenario de fuga en 10 min, por ello el flujo másico medio de descarga durante 10 min de fuga ($Q_{m, 10}$), la respectiva velocidad de descarga (u_{10}) y masa de líquido fugada (m_{10}) serán las variables a tener en cuenta. En función a los valores de las variables antes comentadas, se decide colocar cubetos en torno a la torre de extracción T-101 como medida para solventar el escenario de fuga planteado.

Las conclusiones del análisis de impacto de las distintas variables en el dimensionamiento de este escenario de fuga son análogas a las de los escenarios anteriores.

8.3.4. Método TNT

Para estudiar el nivel de peligrosidad de los escenarios de fuga planteados en el anterior apartado se emplearía el método TNT, el cual es capaz de estimar el daño de una explosión a

distintos radios de afectación. A partir de los resultados de experimentos con explosivos se deduce que la sobrepresión se puede estimar utilizando un equivalente en masa de TNT, denotado como m_{TNT} , y la distancia al punto cero de la explosión. (*Crowld et col., 2011*)

Sin embargo, en ninguno de los escenarios de fuga planteados procede emplear este método, ya que no se dará lugar a ninguna fuga de sustancias gaseosas inflamables; todas las corrientes a lo largo del proceso se encuentran en fase líquida (incluyendo dentro de los equipos).

8.4. Índice DOW Reactor R-101/R-102/R-103

En cálculo detallado del Índice DOW para el reactor aparece detallado en el Anexo IV del presente documento, en este apartado solo se presentarán las conclusiones.

Según el índice DOW para el reactor, este posee un radio de afectación de 27,43 metros, con un factor de daños de 0,77. En caso de un accidente, los costes de reparación del área afectada son de 165.800,89€. (*American Institute of Chemical Engineers, 1994*)

8.5. Índice DOW Torre de extracción T-101/T-102/T-103

En cálculo detallado del Índice DOW para la torre de extracción aparece detallado en el Anexo IV del presente documento, en este apartado solo se presentarán las conclusiones.

Según el índice DOW para la torre de extracción, este posee un radio de afectación de 12,19 metros, con un factor de daños de 0,55. En caso de un accidente, los costes de reparación del área afectada son de 129.430,39€. (*American Institute of Chemical Engineers, 1994*)

8.6. Válvula de alivio PSV-108

Actualmente es de aplicación el Real Decreto de 2060/2008, del 12 de diciembre, donde se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias, y en el Real Decreto 2085/1994, de 20 de octubre, donde se aprueba el Reglamento de instalaciones petrolíferas y se especifica que: “Las fórmulas apropiadas para el dimensionamiento de las válvulas de seguridad serán de códigos reconocidos, tales como API, ASME, NFPA, etc.”. (*RD 2060/2008, de 12 de diciembre*) (*RD 2085/1994, de 20 de octubre*)

En este caso se va a emplear para el dimensionamiento de las válvulas de alivio el procedimiento descrito en la norma *API Recommended Practice 520. Sizing, Selection, and installations of Pressure-Relieving Devices in Refineries*, la cual está en conformidad con el Código ASME BPV, que requiere que se instalen válvulas con capacidad certificada en los equipos a presión. (*American Petroleum Institute, 2000*) (*American Society of Mechanical Engineers, 2010*)

La válvula de alivio a emplear en el reactor será del tipo JLT-JOS/JBS de tamaño K y servirá por sobrepresiones debido a fuego y a la presión estática interior, el cálculo detallado aparece en el anexo II del presente documento. (*Crosby, 1997*)

8.7. Válvula de alivio PSV-112

Actualmente es de aplicación el Real Decreto de 2060/2008, del 12 de diciembre, donde se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias, y en el Real Decreto 2085/1994, de 20 de octubre, donde se aprueba el Reglamento de instalaciones petrolíferas y se especifica que: “Las fórmulas apropiadas para el dimensionamiento de las válvulas de seguridad serán de códigos reconocidos, tales como API, ASME, NFPA, etc.”. (*RD 2060/2008, de 12 de diciembre*) (*RD 2085/1994, de 20 de octubre*)

En este caso se va a emplear para el dimensionamiento de las válvulas de alivio el procedimiento descrito en la norma *API Recommended Practice 520. Sizing, Selection, and installations of Pressure-Relieving Devices in Refineries*, la cual está en conformidad con el Código ASME BPV, que requiere que se instalen válvulas con capacidad certificada en los equipos a presión. (*American Petroleum Institute, 2000*) (*American Society of Mechanical Engineers, 2010*)

La válvula de alivio a emplear en la torre de extracción será del tipo JLT-JOS/JBS de tamaño L y servirá por sobrepresiones debido a fuego y a la presión estática interior, el cálculo detallado aparece en el anexo II del presente documento. (*Crosby, 1997*)

9. BIBLIOGRAFÍA

9.1. Libros, revistas y patentes

ADRIAN, T., BESSLING, B., HASSE, H., THEIS, G., VANSANT, F. *Procedimiento para la obtención de monoetilenglicol de elevada pureza*. OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS, 2003. Número de publicación: 2 194 518.

AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGÍA. *Informe de infraestructuras energéticas. Provincia de Cádiz*. 2017.

CROSBY. *Pressure Relief Valve Engineering Handbook*. 1ª Edición. 1997.

CROWLD, D. A., LOUVAR, J. F. *Chemical process safety*. Estados Unidos: Prentice Hall, 3ª Edición, 2011. ISBN: 978-0-138226-8 Capítulos 6, 7 y 8.

DOMBEK, H. D. *Direct routes from synthesis gas to ethylene glycol*. Journal of chemical education, 1986. DOI: 10.1021/ed063p210. Volumen 63, Número 3, Página 210.

GONG, J., MA, X., YUE, H. Y ZHAO, Y. *Ethylene glycol: properties, synthesis, and applications*. Chemical Society Reviews, 2012. DOI: 10.1039/c2cs15359a. Volumen 41, Número 11, Páginas 4089–4380.

KNIFTON, J. F. *Ethylene glycol from synthesis gas via Ruthenium Catalysis*. Journal of the American Chemical Society, 1981. DOI: 10.1021/ja00403a073. Volumen 103, Páginas 3959-3951.

KUPHALDT, T.R. *Lessons in industrial instrumentation*. Creative Commons, 2015

LIPTÁK, B.G. *INSTRUMENT ENGINEERS' HANDBOOK: Process Control*. 3ª Edición. Estados Unidos de América: CHILTON BOOK COMPANY, 1995. ISBN: 0-8019-8242-1

MAHONEY, D.P., SVRCEK, W.Y., YOUNG, B.R. *A real-time approach to Process Control*. Estados Unidos de América: J. Wiley, 2014

PERRY, R. H., Y GREEN, D. W. *Perry's Chemicals Engineers' Handbook*. Estados Unidos: McGraw Hill, 7ª Edición, 1997. ISBN: 0-07-115448-5

SINNOTT, R. y TOWLER, G. *CHEMICAL ENGINEERING DESIGN. Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design*. 1ª Edición. Estados Unidos de América: Elsevier, 2007. ISBN 13: 978-0-7506-8423-1.

WANG, A. Y ZHANG, T. *One-Pot conversion of cellulose to ethylene glycol with multifunctional tungsten-based catalyst*. *Accounts of Chemical Research*, 2013. DOI: 10.1021/ar302156.

9.2. Páginas web

AUTORIDAD PORTUARIA DE LA BAHÍA DE ALGECIRAS. *Puerto de Algeciras*. 2014. [En línea] [Consultado el 11 de junio de 2018]. Disponible en: <http://www.apba.es/>

EUROPEAN CHEMICALS AGENCY & EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK. *Danger: chemicals! The hazard pictograms explained*. 2013. [En línea] [Consultado el 20 de marzo de 2018]. Disponible en: https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/promotional_material/clp-leaflet/view

GOOGLE MAPS. *11360 San Roque, Cádiz*. 2018. [En línea] [Consultado el 11 de junio de 2018]. Disponible en: <https://www.google.es/maps/place/11360+San+Roque,+C%C3%A1diz/@36.1941786,-5.3982657,2708m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0xd0cc1e14509b275:0x5ee13e526d0e7aa3!8m2!3d36.2104615!4d-5.3844317!5m1!1e4>

HILL, C. *Mapa de España, más de 150 imágenes de calidad para imprimir*. 2017. [En línea] [Consultado el 11 de junio de 2018]. Disponible en: <https://www.tuexperto.com/2017/04/03/mapa-de-espana-mas-de-150-imagenes-de-calidad-para-imprimir/>

ILUSTRE AYUNTAMIENTO DE SAN ROQUE. *Directorio de comercios y empresas de San Roque*. 2018. [En línea] [Consultado el 11 de junio de 2018]. Disponible en: <https://www.sanroque.es/comercios-y-empresas>

INDEPENDENT CHEMICAL INFORMATION SERVICE. *Indicative Chemical Prices A-Z*. 2018. [En línea] [Consultado el 20 de marzo 2018]. Disponible en: <https://www.icis.com/chemicals/channel-info-chemicals-a-z/>

SEDE ELECTRÓNICA DEL CATASTRO. *Consulta y certificación de Bien Inmueble*. 2018. [En línea] [Consultado el 11 de junio de 2018]. Disponible en:

<https://www1.sedecatastro.gob.es/CYCBienInmueble/SECImprimirDatos.aspx?RefC=11033A009000290000EB&del=11&mun=33&UrbRus=&final>

SHELL GLOBAL. *Mono-ethylene glycol*. [En línea] [Consultado: 3 Febrero 2018] Disponible en: <https://www.shell.com/business-customers/chemicals/factsheets-speeches-and-articles/factsheets/mono-ethylene-glycol.html>

THERMO ELECTRIC INSTRUMENTATION. *Multi-level temperature sensors for reactor measurement*. [En línea] [Consultado: 18 Junio 2018] Disponible en: <https://www.thermo-electric.nl/what-we-do/thermo-electric-temperature-sensors/multipoint-and-proflexi-temperature-sensors/>

9.3. Normas y códigos de diseño

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS. *DOW's Fire & Explosion Index Hazard Classification Guide*. 7ª Edición, AIChE technical manual. 1994.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. *Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries. Part I – Sizing and Selection*. 7ª Edición. 2000.

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. *Boiler and Pressure Vessel Code. Section VII. Division 1. Rules for Construction of Pressure Vessels*. 2010.

GE GLOBAL ASSET PROTECTION SERVICES. *GAP Guidelines: GAP 2.5.2*. 2001

ISA SECCIÓN USC. *RESUMEN DEL STANDARD ANSI/ISA-5.1: IDENTIFICACIÓN Y SÍMBOLOS DE INSTRUMENTACIÓN*. 2018

9.4. Legislación

9.4.1. Ámbito europeo (directivas y reglamentos)

PARLAMENTO EUROPEO. DIRECTIVA 2006/42/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 17 de mayo de 2006 relativa a las máquinas y por la que se modifica la directiva 95/16/CE. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 9 de junio de 2016, L 156/24.

PARLAMENTO EUROPEO. REGLAMENTO (CE) Nº 1907/2006 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 18 de diciembre de 2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la

restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), por el que se crea la agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos, se modifica la Directiva 1999/45/CE y se derogan el Reglamento (CEE) nº 793/93 del Consejo y el Reglamento (CE) nº 1488/94 de la Comisión así como la directiva 76/769/CEE del Consejo y las Directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE y 2000/21/CE de la Comisión. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 30 de diciembre de 2006, L 396/1

PARLAMENTO EUROPEO. REGLAMENTO (CE) Nº 1272/2008 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 31 de diciembre de 2008, L 353/1.

9.4.2. Ámbito nacional (reales decretos y órdenes ministeriales)

GOBIERNO DE ESPAÑA. Real Decreto 2085/1994, de 20 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Petrolíferas. *Boletín Oficial del Estado*, 27 de enero de 1995, núm. 23, pp. 2.591-2.267.

GOBIERNO DE ESPAÑA. Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. *Boletín Oficial del Estado*, 17 de diciembre de 2004, núm. 303, pp. 41.194-41.255.

GOBIERNO DE ESPAÑA. Real Decreto 393/2007, de 23 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia. *Boletín Oficial del Estado*, nú. 72, pp. 12.841-12.850.

GOBIERNO DE ESPAÑA. Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. *Boletín Oficial del Estado*, 5 de febrero de 2009, núm. 31, sec. I, pp. 12.297-12.388.

GOBIERNO DE ESPAÑA. Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. *Boletín Oficial del Estado*, 20 de octubre de 2015, núm. 251, sec. I, pp. 97.531-97.567.

GOBIERNO DE ESPAÑA. Real Decreto 108/2016, de 18 de marzo, por el que se establecen los requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de los recipientes a presión simples. *Boletín Oficial del Estado*, 22 de marzo de 2016, núm. 70, sec. I pp. 21.195-21.224.

GOBIERNO DE ESPAÑA. Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10. *Boletín Oficial del Estado*, 25 de julio de 2017, núm. 176, sec. I, pp. 65.747-65.956.

9.5. Fichas de seguridad

ACOFARMA DISTRIBUCIÓN S.A. *Ficha de datos de seguridad: Manitol*. 2013.

AL AIR LIQUIDE ESPAÑA S.A. *Ficha de datos de seguridad: Monóxido de carbono*. Número de artículo: 019-1, versión: 2, 2010.

CARL ROTH. *Ficha de datos de seguridad: Etilenglicol ROTIPURAN® ≥99,5 %, p.a.*. Número de artículo: 6881, versión: 2.0 es, 2015a.

CARL ROTH. *Ficha de datos de seguridad: Dietilenglicol ≥99%, para síntesis*. Número de artículo: 0968, versión: 1.0 es, 2015b.

CARL ROTH. *Ficha de datos de seguridad: Metanol Karl Fischer Roti®hydroquant D seca, por KF titulación*. Número de artículo: T193, versión: 3.0 es, 2015c.

INTERNATIONAL GASES COMPANY. *Safety Data Sheet: Hydrogen*. Versión: rev 2, 2012.

MERCK. *Ficha de datos de seguridad: Trietilenglicol para síntesis*. Número de artículo: 808245, versión: 4.6, 2017a.

MERCK. *Ficha de datos de seguridad: Furfural p.a. ACS*. Número de artículo: 104013, versión: 14.3, 2017b.

MESSER IBÉRICA DE GASES, SAU. *Ficha de datos de seguridad: ÓXIDO DE ETILENO*. Referencia SDS: ESP-C2H4O-056, versión: 0.1, 2013.

9.6. Estudios de mercado

IHS MARKIT. *Ethylene Glycols*. Chemical Economics Handbook, 2018.

BUSINESS WIRE. *Top 5 Vendors in the Global Glycol Market from 2017 to 2021 | Technavio.* 2017. [En línea] [Consultado el 23 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.businesswire.com/news/home/20171124005025/en/Top-5-Vendors-Global-Glycol-Market-2017>

ECHEMI. *Analysis of the Ethylene Glycol Market in Q3, 2017.* 2017. [En línea] [Consultado el 24 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://info.echemi.com/en-price/9069.html>

GLOBAL MARKET INSIGHTS. *Monoethylene Glycol Market Size By Grade (Polyester, Industrial, Antifreeze, Low Conductivity), By Application (Polyester Fiber, PET, Antifreeze & Coolants, Chemical Intermediates), Industry Analysis Report, Regional Outlook (U.S., Canada, Germany, UK, France, Spain, Italy, Russia, China, India, Japan, Australia, Indonesia, Malaysia, South Korea, Brazil, Mexico, South Africa, GCC), Growth Potential, Price Trends, Competitive Market Share & Forecast, 2017 – 2024.* 2017. [En línea] [Consultado el 23 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/monoethylene-glycol-meg-market>

GRAND VIEW RESEARCH. *Global Ethylene Glycols Market By Product (MEG, DEG, TEG), By Application (PET, Polyester Fibers, Antifreeze, Films) Expected to Reach USD 33.36 Billion by 2020: Grand View Research, Inc.* 2015. [En línea] [Consultado el 22 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-ethylene-glycols-market>

HEXA RESEARCH. *Ethylene Glycol Market Analysis, Market Size, Application Analysis, Regional Outlook, Competitive Strategies And Forecasts, 2012 To 2020.* 2014. [En línea] [Consultado el 22 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.hexaresearch.com/research-report/ethylene-glycol-industry>

JAMES, Sherry. *Global Ethylene Glycols Market Is Growing At CAGR Of 4.7%, Will Reach 22,815.4 Kilotons By 2020: Grand View Research, Inc.* CISION, 2018. [En línea] [Consultado el 24 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.prweb.com/releases/2014/10/prweb12206840.htm>

MARKET RESEARCH FUTURE. *Global Mono Ethylene Glycol Market Estimated To Be Rigged With a Significant Growth By 2022.* 2017. [En línea] [Consultado el 23 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.marketresearchfuture.com/press-release/mono-ethylene-glycol-industry>

MICROMARKETMONITOR. *Global Ethylene Glycol Market worth \$46,757.2 Million by 2019.* 2018. [En línea] [Consultado el 22 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.micromarketmonitor.com/pressreleases/ethylene-glycol.html>

P&S MARKET RESEARCH. *Global Monoethylene Glycol Market Size, Share, Development, Growth and Demand Forecast to 2023.* 2018. [En línea] [Consultado el 23 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.psmarketresearch.com/market-analysis/monoethylene-glycol-market>

RESEARCH AND MARKETS. *Global Mono Ethylene Glycol (MEG) Market 2017-2021.* 2017. [En línea] [Consultado el 22 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.researchandmarkets.com/reports/4390899/global-mono-ethylene-glycol-meg-market-2017-2021>

TECHNAVIO. *Global Ethylene Oxide and Ethylene Glycol Market 2016-2020.* 2016. [En línea] [Consultado el 22 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.technavio.com/report/global-specialty-chemicals-ethylene-oxide-and-ethylene-glycol-market>

TRANSPARENCY MARKET RESEARCH. *Ethylene Oxide Market And Ethylene Glycol Market - Global Industry Analysis, Raw Material And Consumption Trends, Size, Share And Forecast 2012 – 2018.* 2012. [En línea] [Consultado el 22 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.transparencymarketresearch.com/ethylene-oxide-and-ethylene-glycol-market.html>

ANEXO I. BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA

Planta de producción de etil-glicol (etano-1,2-diol) a partir de
óxido de etileno

Contenido

1. OBJETIVO	2
2. PROPIEDADES DE LOS COMPUESTOS.....	2
3. BALANCES DE MATERIA.....	3
3.1. Introducción	3
3.2. Balance de materia global	4
3.3. Balances de materia individualizados	6
3.3.1. Tanque de alimentación V-101	6
3.3.2. Reactor R-101	7
3.3.3. Torre de extracción T-101	8
3.3.4. Tanque de recirculación de disolvente V-102	9
3.3.5. Columna de destilación D-101	10
3.3.6. Columna de destilación D-102	11
3.3.7. Columna de destilación D-103	12
4. BALANCES DE ENERGÍA	13
4.1. Introducción	13
4.2. Calores específicos de las sustancias	13
4.3. Reactor R-101.....	19
4.4. Intercambiador H-103	38
5. BIBLIOGRAFÍA.....	42

1. OBJETIVO

El objetivo de este Anexo es el de mostrar el balance de materia global del proceso, además de presentar el balance de materia y energía de manera individualizada para cada unidad del proceso. De este modo, se aportará una visión más simple y sencilla del proceso de manera global y específica para cada equipo; facilitando así la comprensión del mismo.

2. PROPIEDADES DE LOS COMPUESTOS

A continuación, se presentan las propiedades de las sustancias involucradas. Los distintos compuestos fueron diferenciados en alimentación, disolvente, producto y subproductos. En la *Tabla 2.1* se encuentran las propiedades de los reactivos y el disolvente y en la *Tabla 2.2* las propiedades de los productos de la reacción tomadas a 25 °C y 1 atm.

Tabla 2.1. Propiedades de la alimentación y el disolvente. Elaboración propia, a partir de Perry et col., 1999

Compuesto	Óxido de etileno	Agua	Furfural
Fórmula	$\text{<CH}_2\text{>O}$	H_2O	$\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2$
Estado	Líquido	Líquido	Líquido
Peso molecular (g/mol)	44,05	18,02	96,09
Punto de fusión (°C)	-111,30	0,00	-37,00
Punto de ebullición (°C)	13,50	100,00	162,00
Temperatura crítica (°C)	196,00	373,98	383,90
Presión crítica (atm)	71,65	216,53	54,40
ΔH_f° (kJ/mol)	-52,67	-285,84	-204,40
C_p (J/mol·K)	48,25	81,18	168,30

Tabla 2.2. Propiedades productos de reacción. Elaboración propia, a partir de Perry et col., 1999

Compuesto	Monoetilenglicol	Dietilenglicol	Trietilenglicol
Fórmula	C ₂ H ₆ O ₂	C ₄ H ₁₀ O ₃	C ₆ H ₁₄ O ₄
Estado	Líquido	Líquido	Líquido
Peso molecular (g/mol)	62,07	106,12	150,17
Punto de fusión (°C)	-13,15	-8,33	-7,00
Punto de ebullición (°C)	196,85	244,80	290,00
Temperatura crítica (°C)	446,55	471,40	453,90
Presión crítica (atm)	76,09	45,40	14,00
ΔH_f° (kJ/mol)	-455,30	-648,20	-824,10
C _p (J/mol·K)	162,10	225,70	356,10

3. BALANCES DE MATERIA

3.1. Introducción

En el presente Anexo se detallan el balance de materia del proceso global y los balances de materia individualizados por unidades.

Los balances de materia se realizan empleando la ecuación [3.1].

$$\text{Entrada} - \text{Salida} \pm \text{Generación} = \text{Acumulación} \quad [3.1]$$

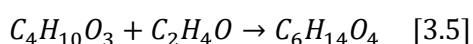
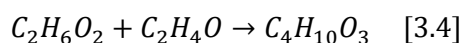
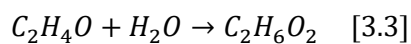
Como la instalación de estudio trabaja en continuo y en estado estacionario, no existe acumulación en ninguna etapa de la planta. En consecuencia, el término de acumulación se anula y la ecuación anterior da lugar a la ecuación [3.2].

$$\text{Entrada} - \text{Salida} = \text{Acumulación} \quad [3.2]$$

La instalación de producción de etil-glicol a partir de óxido de etileno tiene una capacidad de producción de 750.000 t/año, con una pureza del 99,9%, operando 24 horas diarias y 330 días al año. Esto supondría generar 95.000 kg/hora y 1.530,53 kmol/h de etilenglicol en planta.

3.2. Balance de materia global

Se recogen la reacción principal (reacción [3.3]) y las reacciones secundarias (reacciones [3.4] y [3.5]) que tienen lugar en el proceso.



Posteriormente, se ofrecen datos aproximados extraídos de la bibliografía para la conversión global respecto al óxido de etileno y las selectividades de MEG y DEG. De manera que, los valores de reactividad empleados en el presente Anexo para resolver el balance de materia son los recogidos en la *Tabla 3.1*.

Tabla 3.1. Reactividad empleada. Elaboración propia a partir de Altiokka et col., 2009.

Factor	Valor
Conversión global (R-101)	99%
Selectividad del MEG	94%
Selectividad del DEG	5,5%
Selectividad del TEG	0,5%

En la Tabla 3.2 se muestran los caudales másicos de las corrientes de entrada y salida del proceso, es decir, el balance global de materia, que está representado en la Figura 3.1.

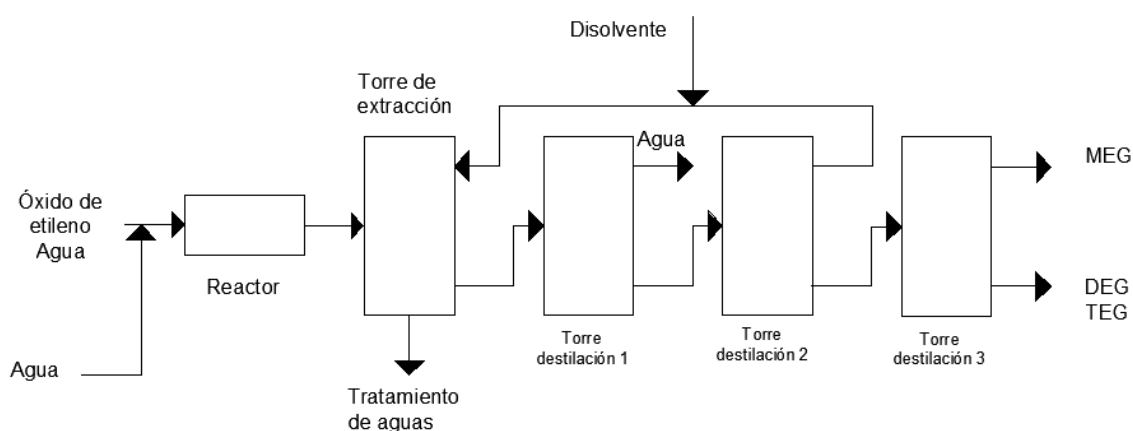


Figura 3.1. Diagrama de bloques de la instalación.

Con el fin de verificar si se cumple el balance de materia a la instalación de producción de MEG, se comprobará si la entrada del proceso es igual a la salida del mismo.

Tabla 3.2. Balance de materia global del proceso. Elaboración propia

Corriente	Entradas (kg/h)			Salidas (kg/h)			
	1	2	18	11	13	20	21
Óxido de etileno	78.515	0	0	785	0	0	0
Agua	78.515	82.080	0	101.566	29.138	0	0
MEG	0	0	0	1.747	0	9.4602	582
DEG	0	0	0	0	0	95	9.268
TEG	0	0	0	0	0	0	1.325
Furfural	0	0	10.283	10.283	0	0	0
Total	157.030	82.080	10.283	114.382	29.138	94.697	11.176

A su vez, se añade la Tabla 3.3 en la que se recogen los caudales másicos de entradas y salidas globales de cada una de las sustancias, para así realizar una comprobación más rápida y sencilla.

Tabla 3.3. Balance de materia global sintetizado del proceso. Elaboración propia

	Entrada total (kg/h)	Salida total (kg/h)
Óxido de etileno	78.515	785
Agua	160.595	130.705
MEG	0	96.932
DEG	0	9.363
TEG	0	1.325
Furfural	10.283	10.283
Total	249.393	249.393

En conclusión a lo expuesto en las *Tablas 3.2 y 3.3*, el balance global de materia se encuentra cerrado; por consiguiente, se cumple correctamente.

3.3. Balances de materia individualizados

En este apartado se presentan los balances de materia por equipos, con el objetivo de aportar una visión individualizada de los flujos de materia en el tanque de alimentación (V-101), el reactor (R-101), la torre de extracción (T-101), el tanque de recirculación de disolvente (V-102) y las tres columnas de destilación para la separación del disolvente y la purificación del MEG (D-101, D-102 y D-103). En el diagrama de flujo de la instalación (Plano nº 4) se puede consultar la localización de los anteriores equipos en proceso, además de sus respectivas corrientes de entrada y salida.

3.3.1. Tanque de alimentación V-101

Se incluyen la representación del tanque de alimentación V-101 en la *Figura 3.2* y el balance de materia individualizado a este equipo en la *Tabla 3.4*.

La corriente 2 (entrada al tanque de alimentación V-101) procede de la unidad de tratamiento de aguas. En dicha unidad se realizan un conjunto de operaciones unitarias sobre la corriente 11 (refinado de la torre de extracción T-101) con la finalidad de recuperar por separado agua (corriente 2) y furfural (corriente 18) para ser enviados de nuevo a proceso. Ir a diagrama de flujo de la instalación (plano nº 4: PFD) para consultar corrientes.

Tabla 3.4. Balance de materia al tanque de alimentación V-101. Elaboración propia

Corriente	Flujo másico (kg/h)		
	Entrada (1)	Entrada (2)	Salida (3)
Óxido de etileno	78.515	0	78.515
Agua	78.515	82.080	160.595
MEG	0	0	0
DEG	0	0	0
TEG	0	0	0
Furfural	0	0	0
Total	157.030	82.080	239.110

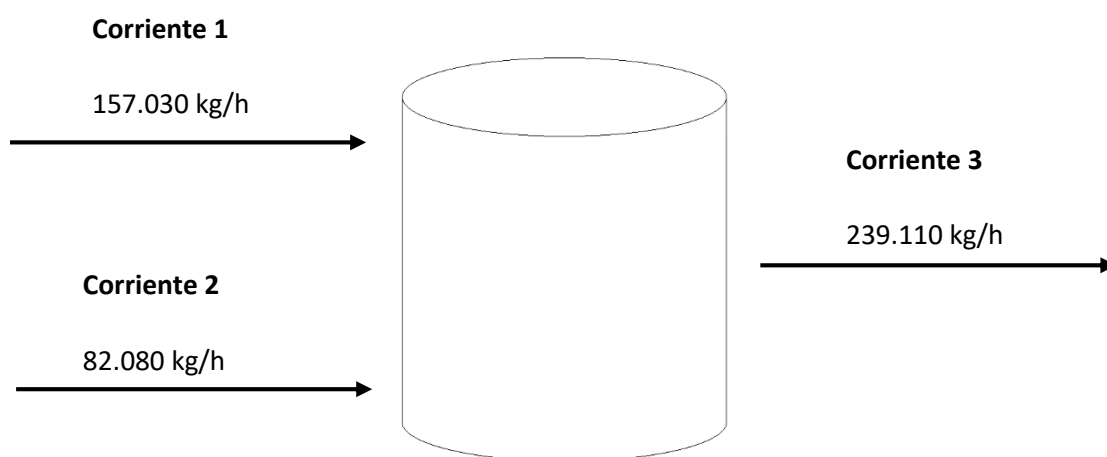


Figura 3.2. Tanque de alimentación V-101. Elaboración propia

3.3.2. Reactor R-101

Se incluyen la representación del reactor R-101 en la *Figura 3.3* y el balance de materia individualizado a este equipo en la *Tabla 3.5*.

Tabla 3.5. Balance de materia al reactor R-101. Elaboración propia

Corriente	Flujo molar (kmol/h)		Flujo másico (kg/h)	
	Entrada (5)	Salida (6)	Entrada (5)	Salida (6)
Óxido de etileno	1.782	18	78.515	785
Agua	8.912	7.253	160.595	130.705
MEG	0	1.562	0	96.932
DEG	0	88	0	9.363
TEG	0	9	0	1.325
Furfural	0	0	0	0
Total	10.694	8.930	239.110	239.110



Figura 3.3. Reactor R-101. Elaboración propia

3.3.3. Torre de extracción T-101

Se incluyen la representación de la torre de extracción T-101 en la *Figura 3.4* y el balance de materia individualizado a este equipo en la *Tabla 3.6*.

Tabla 3.6. Balance de materia a la torre de extracción T-101.

Corriente	Flujo másico (kg/h)			
	Alimentación (8)	Disolvente (9)	Extracto (10)	Refinado (11)
Óxido de etileno	785	0	0	785
Agua	130.705	0	29.138	101.566
MEG	96.932	0	95.185	1.747
DEG	9.363	0	9.363	0
TEG	1.325	0	1.325	0
Furfural	0	80.215	69.932	10.283
Total	239.110	80.215	204.942	114.382

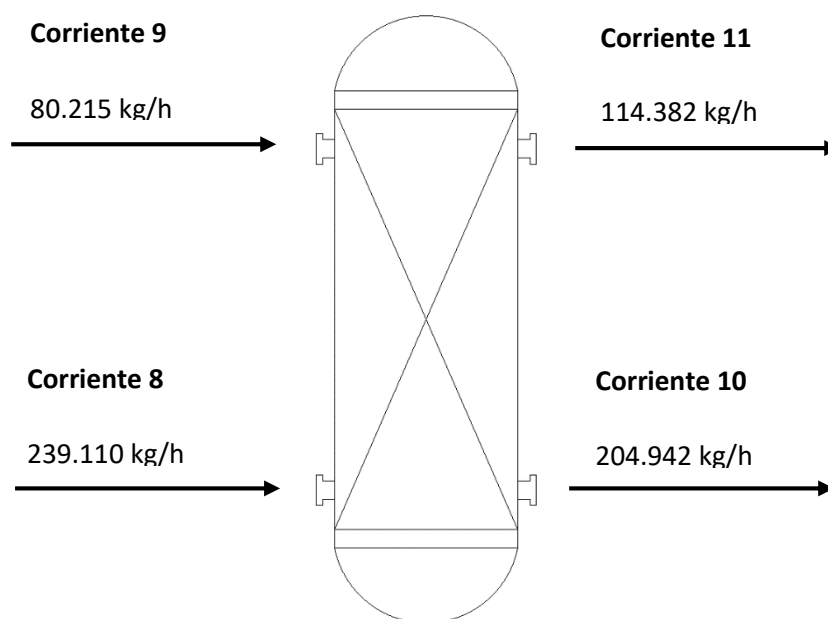


Figura 3.4. Torre de extracción T-101. Elaboración propia

3.3.4. Tanque de recirculación de disolvente V-102

Se incluyen la representación del tanque de recirculación de disolvente V-102 en la *Figura 3.5* y el balance de materia individualizado a este equipo en la *Tabla 3.7*.

La corriente 18 (entrada al tanque de recirculación de disolvente V-102) procede de la unidad de tratamiento de aguas.

Tabla 3.7. Balance de materia al tanque de recirculación de disolvente V-102. Elaboración propia

Corriente	Flujo másico (kg/h)		
	Entrada (17)	Entrada (18)	Salida (9)
Óxido de etileno	0	0	0
Agua	0	0	0
MEG	0	0	0
DEG	0	0	0
TEG	0	0	0
Furfural	69.932	10.283	80.215
Total	69.932	10.283	80.215

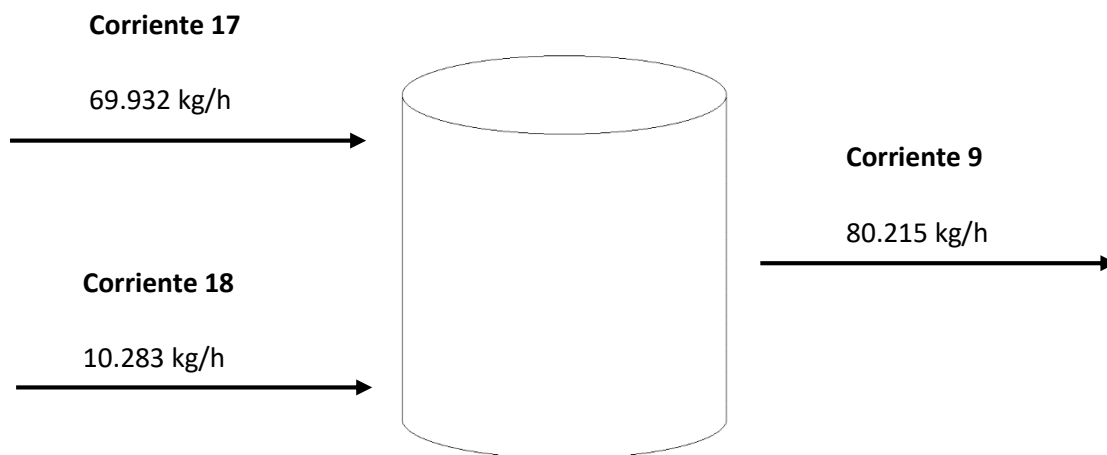


Figura 3.5. Tanque de recirculación de disolvente V-102. Elaboración propia

3.3.5. Columna de destilación D-101

Se incluyen la representación de la columna de destilación D-101 en la *Figura 3.6* y el balance de materia individualizado a este equipo en la *Tabla 3.8*.

Tabla 3.8. Balance de materia a la columna de destilación D-101. Elaboración propia

Corriente	Flujo másico (kg/h)		
	Entrada (12)	Destilado (13)	Fondos (14)
Óxido de etileno	0	0	0
Agua	29.138	29.138	0
MEG	95.185	0	95.185
DEG	9.363	0	9.363
TEG	1.325	0	1.325
Furfural	69.932	0	69.932
Total	204.942	29.138	175.804

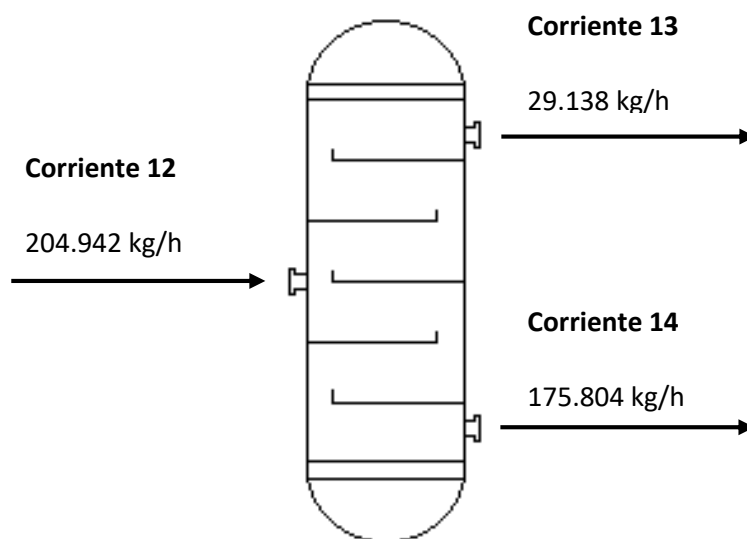


Figura 3.6. Columna de destilación D-101. Elaboración propia

3.3.6. Columna de destilación D-102

Se incluyen la representación de la columna de destilación D-102 en la Figura 3.7 y el balance de materia individualizado a este equipo en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9. Balance de materia a la columna de destilación D-102. Elaboración propia

Corriente	Flujo másico (kg/h)		
	Entrada (14)	Destilado (15)	Fondos (19)
Óxido de etileno	0	0	0
Agua	0	0	0
MEG	95.185	0	95.185
DEG	9.363	0	9.363
TEG	1.325	0	1.325
Furfural	69.932	69.932	0
Total	175.804	69.932	105.873

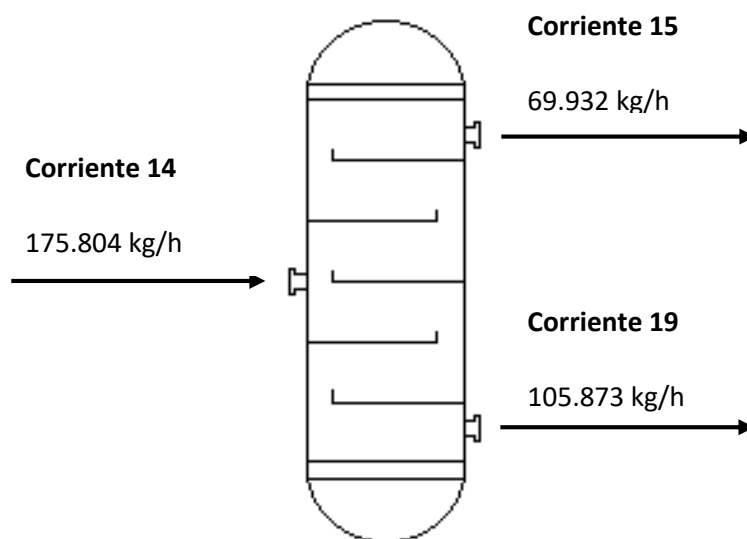


Figura 3.7. Columna de destilación D-102. Elaboración propia

3.3.7. Columna de destilación D-103

Se incluyen la representación de la columna de destilación D-103 en la *Figura 3.8* y el balance de materia individualizado a este equipo en la *Tabla 3.10*.

Tabla 3.10. Balance de materia a la columna de destilación D-103. Elaboración propia

Corriente	Flujo másico (kg/h)		
	Entrada (19)	Destilado (20)	Fondos (21)
Óxido de etileno	0	0	0
Agua	0	0	0
MEG	95.185	94.602	582
DEG	9.363	95	9.268
TEG	1.325	0	1.325
Furfural	0	0	0
Total	105.873	94.697	11.176

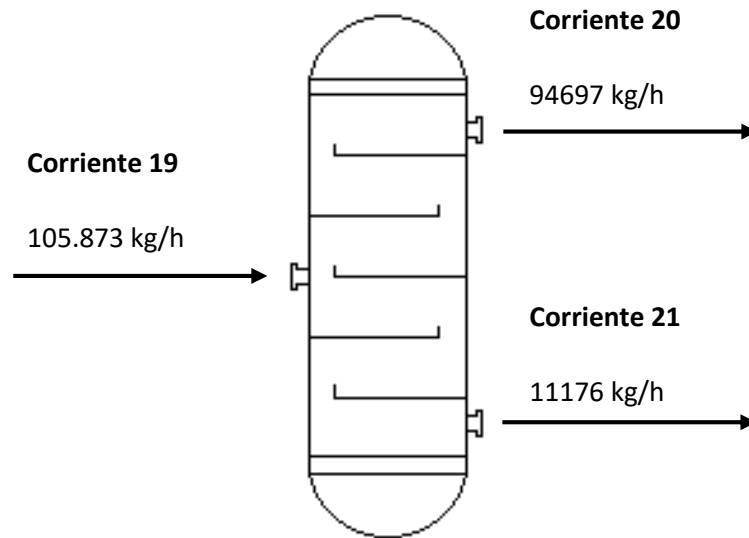


Figura 3.8. Columna de destilación D-103. Elaboración propia

4. BALANCES DE ENERGÍA

4.1. Introducción

Se procede a realizar los balances de energía para el reactor R-101 y el intercambiador de calor H-103. Además, se incluyen las correlaciones elegidas para el cálculo del calor específico de cada una de las sustancias involucradas en proceso, ya que el calor específico de un compuesto varía en mayor o menor medida en función de la temperatura.

4.2. Calores específicos de las sustancias

A la hora de realizar los distintos cálculos de los balances de energía al reactor y al intercambiador de calor se ha supuesto como constante el calor específico de los distintos compuestos para cada corriente, calculado a partir de la media de los calores específicos a las condiciones de entrada y salida de dicha corriente.

Los calores específicos se calculan mediante la ecuación [4.1], los valores de las constantes de las sustancias pertinentes se recogen en la Tabla 4.1. Todos los calores específicos han sido calculados para corrientes completamente líquidas, puesto que se ha comprobado a partir de sistemas de simulación la fase de las corrientes durante el proceso de producción de etilenglicol.

$$c_p = C1 + C2 \times T + C3 \times T^2 + C4 \times T^3 + C5 \times T^4 \quad [4.1]$$

Donde:

c_p , calor específico [J/kmol·K].

T, temperatura [K].

C1, constante de orden 0 [J/kmol·K].

C2, constante de orden 1 [J/kmol·K²].

C3, constante de orden 2 [J/kmol·K³].

C4, constante de orden 3 [J/kmol·K⁴].

C5, constante de orden 4 [J/kmol·K⁵].

Tabla 4.1. Valores de los parámetros para determinar el calor específico. Elaboración propia a partir de Perry et col., 1999

	C1 (J/kmol·K)	C2 (J/kmol·K ²)	C3 (J/kmol·K ³)	C4 (J/kmol·K ⁴)	C5 (J/kmol·K ⁵)
Óxido de etileno	1,45E+05	-7,59E+02	2,83E+00	-3,06E-03	0
Agua	2,76E+05	-2,09E+03	8,13E+00	-1,41E-02	9,37E-06
MEG	3,55E+04	4,37E+02	-1,95E-01	0	0
DEG	1,35E+05	1,15E+01	1,60E+00	-3,00E-03	2,00E-06
TEG	2,42E+05	-2,31E+02	3,50E+00	-6,00E-03	5,00E-06
Furfural	2,25E+05	-1,15E+03	5,80E+00	-1,00E-02	8,00E-06

No obstante, para la determinación del calor específico del DEG, TEG y furfural no se obtenían datos consistentes de la anterior correlación, porque al comprobar el valor obtenido para estos con los valores procedentes de la bibliografía a distintas temperaturas, la diferencia fue significativa. Por ello, se elaboraron correlaciones propias a partir de valores recogidos de los calores específicos a distintas temperaturas de las fuentes bibliográficas.

En la Tabla 4.2 se presentan los datos de calores específicos y temperaturas necesarios para obtener la correlación correspondiente para el DEG (ecuación [4.2]), la representación de las anteriores variables se recoge en la Figura 4.1. La respectiva regresión se obtiene a partir del ajuste de mínimos cuadrados del EXCEL, tras un proceso de comparativa de valores bibliográficos y los extraídos de las regresiones de distintos órdenes; se decide emplear una correlación polinómica de orden 2 (ecuación [4.2]).

Tabla 4.2. Calores específicos a distintas temperaturas para el DEG. Elaboración propia a partir de Aspen HYSYS

T (K)	c_p (J/mol·K)
288	221,1
298	225,7
318	235,0
338	244,5
358	254,1
378	264,0
398	274,0
418	284,3
438	294,8
458	305,6
500	329,3
518	340,0

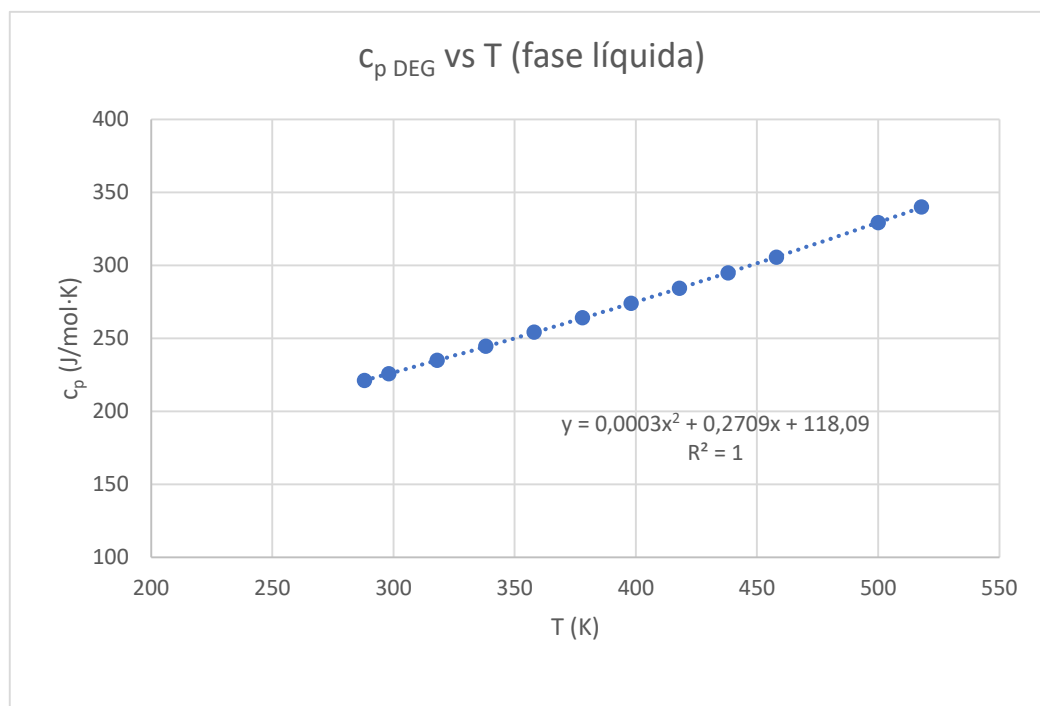


Figura 4.1. Representación calores específicos frente a temperaturas para el DEG.

Por consiguiente, la correlación empleada para la determinación del calor específico del DEG en función de la temperatura sería la siguiente (ecuación [4.2]):

$$c_{p \text{ DEG}} = 118,09 + 0,2709 \times T + 0,0003 \times T^2 \quad [4.2]$$

Donde:

$c_{p \text{ DEG}}$, calor específico del DEG $[\text{J/mol}\cdot\text{K}]$.

T , temperatura $[\text{K}]$.

Se realiza el mismo procedimiento para el TEG, en la Tabla 4.3 se recogen los valores de calores específicos y temperaturas, en la Figura 4.2 se representan estos y se determina la correlación de cálculo del calor específico del TEG en función de la temperatura por una regresión de orden 1 (ecuación [4.3]).

Tabla 4.3. Calores específicos a distintas temperaturas para el TEG. Elaboración propia a partir de Aspen HYSYS

T (K)	c_p (J/mol·K)
288	349,1
298	356,0
318	369,9
338	384,0
358	398,5
378	413,3
398	428,5
418	444,0
438	460,0
458	476,6
500	513,6
550	563,3

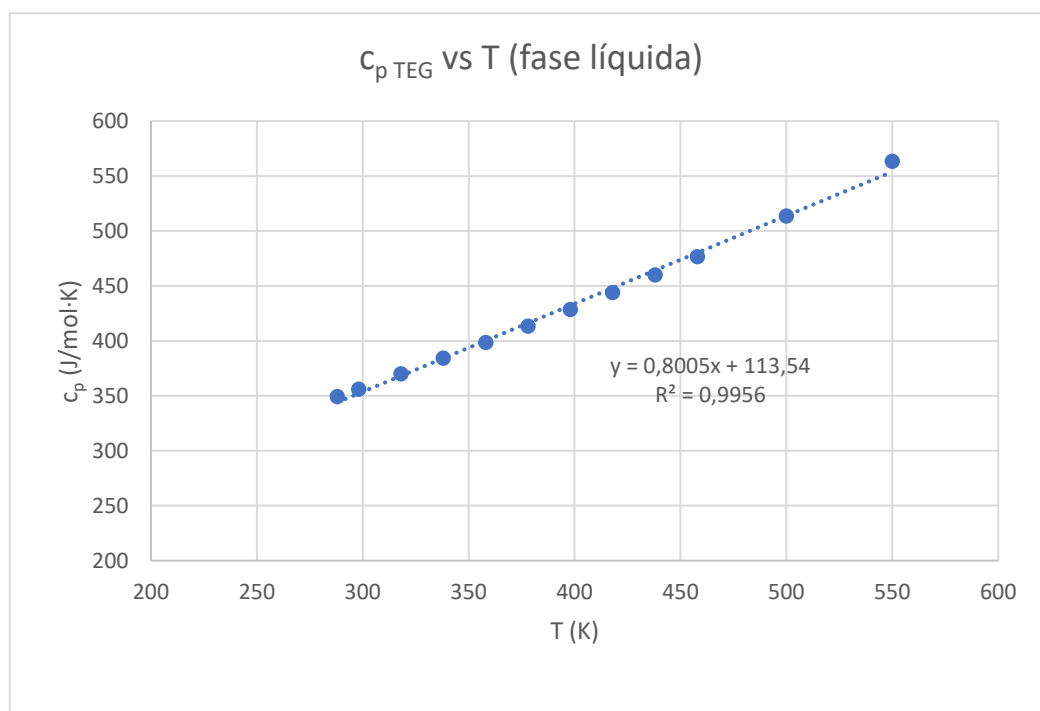


Figura 4.2. Representación calores específicos frente a temperaturas para el TEG.

Por tanto, la correlación empleada para la determinación del calor específico del TEG en función de la temperatura sería la siguiente (ecuación [4.3]):

$$c_{p \text{ TEG}} = 113,54 + 0,8005 \times T \quad [4.3]$$

Donde:

$c_{p \text{ TEG}}$, calor específico del TEG [J/mol·K].

T, temperatura [K].

Por último, se procede de la misma forma para el furfural, en la Tabla 4.4 se recogen los valores de calores específicos y temperaturas, en la Figura 4.3 se representan estos y se determina la correlación de cálculo del calor específico del furfural en función de la temperatura por una regresión de orden 1 (ecuación [4.4]).

Tabla 4.4. Calores específicos a distintas temperaturas para el furfural. Elaboración propia a partir de Aspen HYSYS

T (K)	c_p (J/mol·K)
288	166,1
298	168,3
318	172,8
338	177,5
358	182,2
378	187,1
398	192,1
418	197,3
433	201,4

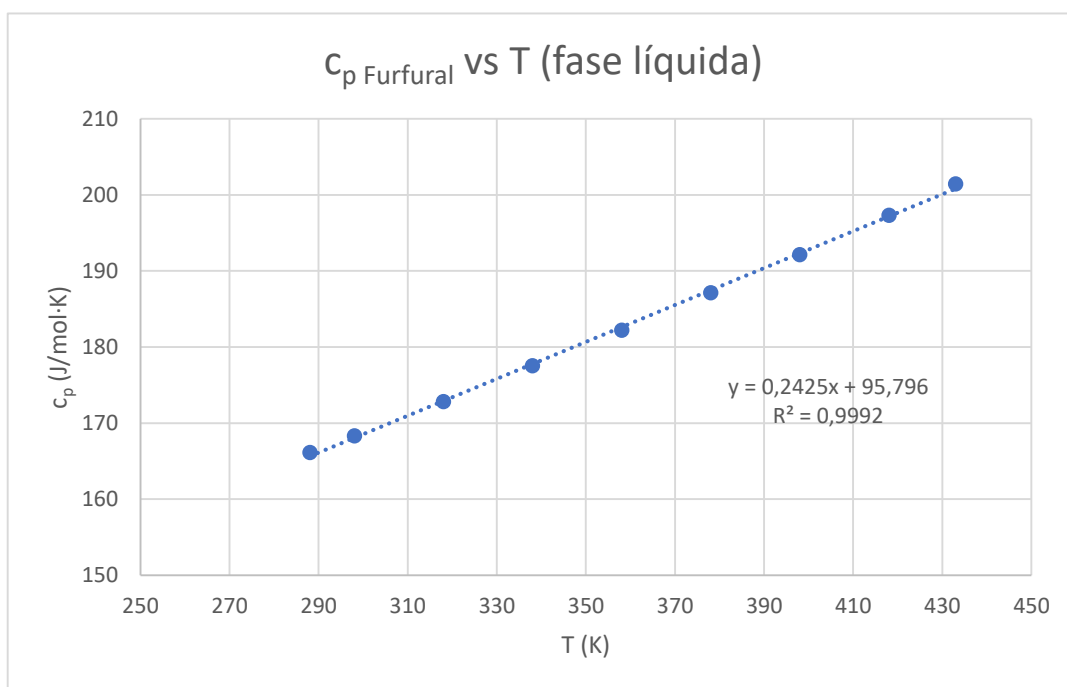


Figura 4.3. Representación calores específicos frente a temperaturas para el furfural.

Por consiguiente, la correlación empleada para la determinación del calor específico del furfural en función de la temperatura sería la siguiente (ecuación [4.4]):

$$c_{p \text{ Furfural}} = 95,796 + 0,2425 \times T \quad [4.4]$$

Donde:

$c_{p \text{ Furfural}}$, calor específico del furfural [J/mol·K].

T , temperatura [K].

4.3. Reactor R-101

La reacción de hidrogenación del óxido de etileno para la obtención de etilenglicol es una reacción exotérmica, el fin del presente balance de energía es obtener la temperatura alcanzada o temperatura de salida de cada uno de los 10 lechos situados a lo largo del reactor R-101.

En función de la temperatura de operación (95 °C), temperatura seleccionada para la operación del reactor, y la temperatura máxima de operación (105 °C), temperatura máxima recomendada

del catalizador por el fabricante; se tomará una decisión de compromiso entre no superar la temperatura máxima de operación y que la temperatura en los lechos no tome valores muy inferiores a la temperatura de operación. Puesto que, la temperatura en el lecho no debe superar la temperatura a partir de la cual el fabricante no recomienda trabajar con el catalizador, por posible degradación del mismo. A su vez, la temperatura de entrada en los lechos, esta será la más baja en cada lecho debido a que la reacción exotérmica produce calor que se invertirá en calentar los compuestos involucrados, no tomará valores por debajo de 70 °C. Se toma este dato de temperatura como límite de la restricción, dado que con temperaturas superiores a este valor se asume que la velocidad de reacción no se desviará significativamente de la velocidad obtenida mediante las constantes cinéticas calculadas a la temperatura de operación; y con la cual se realizaron los cálculos del volumen necesario de catalizador para lograr una conversión del 99%. Hacer hincapié en que este último aspecto se ha considerado, debido a que las constantes cinéticas dependen de la temperatura de reacción.

En conclusión, se realiza un procedimiento de cálculo basado en prueba y error hasta conseguir cumplir las restricciones antes mencionadas; por consiguiente, se vuelve necesario para cumplir estos aspectos la división de todo el volumen de catalizador en distintos lechos.

Los rangos de temperatura antes descritos junto al aumento de temperatura alcanzado en los lechos marcado por la liberación de calor según la conversión desarrollada, determinarán el número de lechos en los que se separará el catalizador y la longitud de cada uno de ellos.

Tras el procedimiento de cálculo introducido, se obtiene que el volumen de catalizador destinado a cada uno de los reactores, existen tres reactores entre los que se dividirá a partes iguales el volumen de catalizador total, se dividirá en 10 lechos de longitud creciente de arriba abajo. Los lechos superiores son de menor tamaño que los inferiores debido a que la cantidad de reactivos a reaccionar, óxido de etileno y agua, es mayor en estos que los sucesivos, los reactivos se alimentan al reactor por la parte superior. Por ello, la cantidad de calor liberado es más grande y con ella la temperatura alcanzada en los lechos.

En la Tabla 4.5 se recoge el volumen de catalizador para cada uno de los 10 lechos del reactor R-101.

Tabla 4.5. Volumen de catalizador para los lechos del reactor R-101. Elaboración propia.

$V_{\text{catalizador, total reactor (L)}}$	14.020,67
$V_{\text{catalizador, lecho 1 (L)}}$	250,37
$V_{\text{catalizador, lecho 2 (L)}}$	250,37
$V_{\text{catalizador, lecho 3 (L)}}$	400,59
$V_{\text{catalizador, lecho 4 (L)}}$	500,74
$V_{\text{catalizador, lecho 5 (L)}}$	600,89
$V_{\text{catalizador, lecho 6 (L)}}$	801,18
$V_{\text{catalizador, lecho 7 (L)}}$	1.201,77
$V_{\text{catalizador, lecho 8 (L)}}$	2.002,95
$V_{\text{catalizador, lecho 9 (L)}}$	3.204,72
$V_{\text{catalizador, lecho 10 (L)}}$	4.807,09

A continuación, se emplean el volumen de catalizador de cada lecho y las condiciones iniciales de reacción (Tabla 4.6) para el cálculo de la conversión lograda en los mismos a partir de la ecuación [4.5], esta expresión se desarrolla en profundidad en el apartado de cálculos justificativos del reactor R-101.

Tabla 4.6. Condiciones iniciales de reacción. Elaboración propia

$F_{\text{EtO},0} \text{ (mol/min)}$	9.902,25
$C_{\text{EtO},0} \text{ (mol/L)}$	6,9

$$\frac{V_{\text{catalizador}}}{F_{\text{EtO}_0}} = \int_{x_{\text{EtO}_0}}^{x_{\text{EtO}_f}} \frac{\partial x_{\text{EtO}}}{(C_{\text{EtO}_0})^2 (1 - x_{\text{EtO}}) [0,0143(5 - x_{\text{EtO}}) + 0,00521(x_{\text{EtO}}) + 0,00505(x_{\text{EtO}})]} \quad [4.5]$$

Donde:

$V_{\text{catalizador}}$, volumen de catalizador para un determinado lecho [L].

$F_{\text{EtO},0}$, flujo molar inicial de óxido de etileno para uno de los tres reactores [mol/min].

$C_{\text{EtO},0}$, concentración inicial de óxido de etileno [mol/L].

$x_{\text{EtO},0}$, conversión inicial expresada respecto al óxido de etileno.

$x_{\text{EtO},f}$, conversión final expresada respecto al óxido de etileno.

La ecuación [4.5] será aplicada a todos los lechos empleando las condiciones iniciales de reacción recogidas en la Tabla 4.6, es decir, entre lechos solo se modificaría el volumen de catalizador y la respectiva conversión inicial para así obtener la correspondiente conversión de salida. En la Tabla 4.7 se presentan las conversiones alcanzadas a la salida de cada lecho junto a sus conversiones de entrada (conversión final del lecho anterior).

Tabla 4.7. Conversiones iniciales y finales de cada lecho. Elaboración propia

Lecho 1	$x_{\text{EtO},0}$	0,00
	$x_{\text{EtO},f}$	0,082
Lecho 2	$x_{\text{EtO},0}$	0,082
	$x_{\text{EtO},f}$	0,16
Lecho 3	$x_{\text{EtO},0}$	0,16
	$x_{\text{EtO},f}$	0,26
Lecho 4	$x_{\text{EtO},0}$	0,26
	$x_{\text{EtO},f}$	0,38
Lecho 5	$x_{\text{EtO},0}$	0,38
	$x_{\text{EtO},f}$	0,49
Lecho 6	$x_{\text{EtO},0}$	0,49
	$x_{\text{EtO},f}$	0,61
Lecho 7	$x_{\text{EtO},0}$	0,61
	$x_{\text{EtO},f}$	0,74
Lecho 8	$x_{\text{EtO},0}$	0,74
	$x_{\text{EtO},f}$	0,86
Lecho 9	$x_{\text{EtO},0}$	0,86
	$x_{\text{EtO},f}$	0,95
Lecho 10	$x_{\text{EtO},0}$	0,95
	$x_{\text{EtO},f}$	0,99

A continuación, conocidas las conversiones de cada lecho, las selectividades (Tabla 3.1) y los flujos molares iniciales de óxido de etileno y agua se calculan los flujos molares de reactivos y productos en cada lecho, se denomina reactivos a todas aquellas sustancias presentes en la

entrada de un lecho y productos a las presentes en la salida. Posteriormente, se expondrán los valores obtenidos para cada lecho, dado que inicialmente se realizará solo una presentación de resultados para aportar una visión más rápida de este apartado.

Se procede a introducir el procedimiento del balance energético a seguir, se utilizarán las ecuaciones [4.6], [4.7], [4.8] y [4.9]. Además, en la Figura 4.4 se aporta un esquema ilustrativo del método aplicado.

$$\Delta H_{total} = \Delta H_{reactivos} + \Delta H_{productos} + \Delta H_{reacción\ 298K} \quad [4.6]$$

$$\Delta H_{reactivos} = \sum_{i=1}^n n_i c_{p_i} (T_{ref} - T_0) \quad [4.7]$$

$$\Delta H_{productos} = \sum_{i=1}^n n_i c_{p_i} (T_F - T_{ref}) \quad [4.8]$$

$$\Delta H_{reacción\ 298K,j} = \left(\sum_{i=1}^n (v_i * \Delta H_{f,i}^0) p - \sum_{i=1}^n (v_i * \Delta H_{f,i}^0) r \right) * n_{reaccionados,j} \quad [4.9]$$

Donde:

ΔH , entalpía [kJ/h].

n_i , flujo molar componente (reactivos ecuación [x] o productos ecuación [x]) [mol/h].

c_{p_i} , calor específico componente [J/mol·K].

T_{ref} , temperatura de referencia (25 °C) [°C].

T_0 , temperatura inicial (depende de cada lecho, $T_0 > 70$ °C) [°C].

T_F , temperatura final (depende de cada lecho, $T_F < 105$ °C) [°C].

$\Delta H_{reacción\ 298K,j}$, entalpía reacción para reacción j a la temperatura de referencia [kJ/h].

v_i , coeficiente estequiométrico.

$\Delta H_{f,i}^0$, entalpía de formación de componente [kJ/mol].

$n_{reaccionados,j}$, flujo molar reaccionado en la reacción j [mol/h].

Subíndice p, productos de reacción.

Subíndice r, reactivos de reacción.

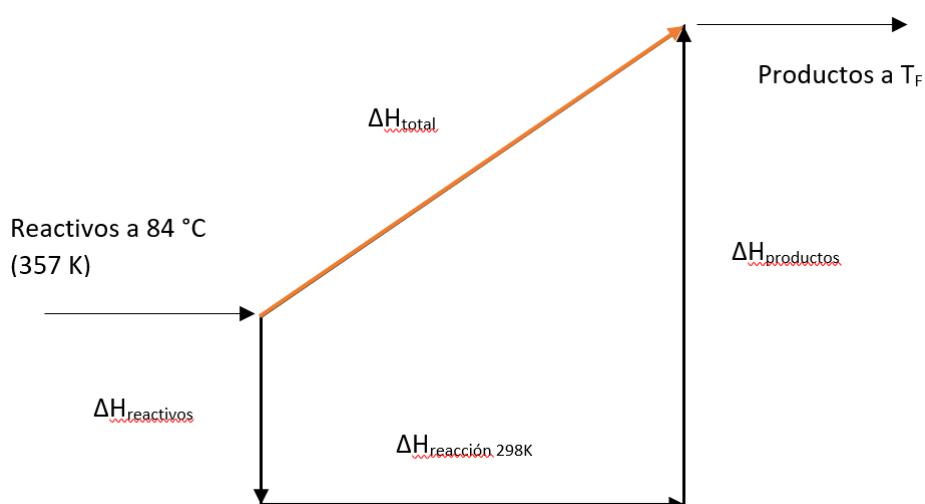


Figura 4.4. Esquema del balance energético al primer lecho del reactor R-101. Elaboración propia

Para la obtención de la entalpía de reacción a la temperatura de referencia para cada una de las reacciones, se introducen los valores de las entalpías de formación para los distintos compuestos involucrados en las reacciones [3.3], [3.4] y [3.5], estas se recogen en la Tabla 4.8.

Tabla 4.8. Entalpías de formación a la temperatura de referencia (25 °C). Elaboración propia a partir de Perry et col., 1999

$\Delta H^0_{f,EO}$ (kJ/mol)	-52,67
$\Delta H^0_{f,H_2O}$ (kJ/mol)	-285,84
$\Delta H^0_{f,MEG}$ (kJ/mol)	-455,30
$\Delta H^0_{f,DEG}$ (kJ/mol)	-648,20
$\Delta H^0_{f,TEG}$ (kJ/mol)	-824,10

Más tarde, se obtiene el flujo molar reaccionado en cada reacción mediante la ecuación [4.10]:

$$n_{reaccionados,j} = n_{EtO,0} * (x_{EtO,f} - x_{EtO,0}) * S_j \quad [4.10]$$

Donde:

$n_{reaccionados,j}$, flujo molar reaccionado en la reacción j [mol/h].

$n_{EtO,0}$, flujo molar inicial de óxido de etileno [mol/h].

$x_{EtO,f}$, conversión final expresada respecto al óxido de etileno.

$x_{EtO,0}$, conversión inicial expresada respecto al óxido de etileno.

S_j , selectividad en la reacción j .

Los coeficientes estequiométricos pertinentes se toman de las reacciones [3.3], [3.4] y [3.5].

En vista de que el objetivo del balance de energía realizado es calcular la máxima temperatura alcanzada a la salida de los lechos, así se analizaría la situación más desfavorable; se determinará la temperatura teórica de llama adiabática. Esta temperatura se alcanza cuando la variación total de entalpía es 0, debido a que un proceso adiabático no intercambia calor con el exterior. Por consiguiente, toda la energía que se produce se emplea en calentar a los productos, obteniéndose a partir de la ecuación [4.6] la siguiente ecuación:

$$\Delta H_{\text{productos}} = -\Delta H_{\text{reactivos}} - \Delta H_{\text{reacción } 298K} \quad [4.11]$$

Una vez calculada entalpía de reactivos y la entalpía de reacción total a la temperatura de referencia por el sumatorio de las entalpías de las tres reacciones, ya que se dispone de los datos necesarios; se realizará un procedimiento de cálculo iterativo modificando la temperatura de salida de los lechos hasta que la diferencia de los dos lados de la ecuación [4.11] tome un valor insignificante (error admisible). Por consiguiente, se obtendrá la temperatura teórica de llama adiabática, es decir, la temperatura de salida de los lechos.

De manera análoga a lo explicado en la obtención de los flujos molares de reactivos y productos, inicialmente se realizará solo una presentación de resultados; y posteriormente, se expondrán los valores de entalpías y calores específicos calculados para cada lecho.

Cabe destacar que todo el desarrollo de cálculos se ha repetido una y otra vez desde el establecimiento del volumen de catalizador de cada uno de los lechos, hasta haber obtenido unas temperaturas de entrada y salida de los lechos que cumplan con las restricciones consideradas; es decir, no superar la temperatura máxima de operación y que la temperatura en los lechos no tome valores muy inferiores a la temperatura de operación.

En la Tabla 4.9 se recogen los valores definitivos de las temperaturas de entrada y salida de cada lecho, además en la Figura 4.5 se da una visión de la progresión de temperaturas.

Tabla 4.9. Temperaturas de entrada y salida en cada lecho. Elaboración propia

Lecho 1		Lecho 6	
T_0 (°C)	84,0	T_0 (°C)	75,0
T_F (°C)	104,6	T_F (°C)	105,0
Lecho 2		Lecho 7	
T_0 (°C)	85,0	T_0 (°C)	73,0
T_F (°C)	103,8	T_F (°C)	105,2
Lecho 3		Lecho 8	
T_0 (°C)	78,0	T_0 (°C)	73,0
T_F (°C)	104,9	T_F (°C)	104,9
Lecho 4		Lecho 9	
T_0 (°C)	76,0	T_0 (°C)	82,0
T_F (°C)	104,7	T_F (°C)	104,2
Lecho 5		Lecho 10	
T_0 (°C)	76,0	T_0 (°C)	95,0
T_F (°C)	104,5	T_F (°C)	104,5

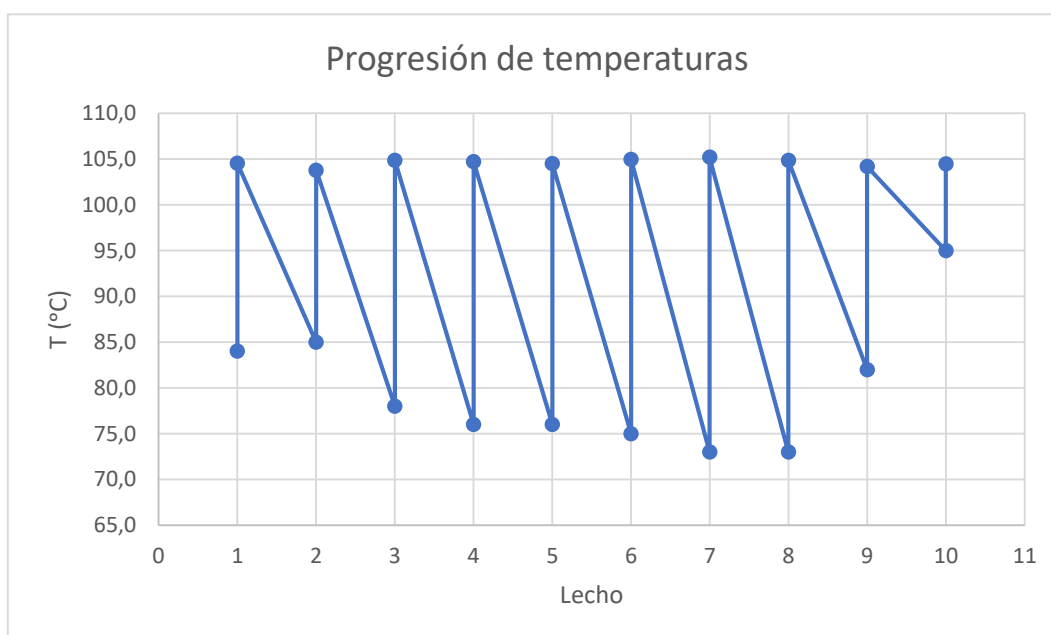


Figura 4.5. Progresión de temperaturas entre lechos. Elaboración propia

Una vez presentados todos los resultados del balance de energía en los diez lechos del reactor R-101, se recogen todos los valores calculados en el desarrollo del procedimiento y no especificados con anterioridad.

En la Tabla 4.10 se recogen los flujos molares y los calores específicos de los reactivos a la entrada del lecho 1. El cálculo de la entalpía de los reactivos se realiza como variación entre la temperatura de entrada en el lecho (Tabla 4.9) y la temperatura de referencia (25 °C).

Tabla 4.10. Flujos molares, calores específicos y entalpías de reactivos a la entrada del lecho 1.

Elaboración propia

$\Delta H_{\text{reactivos}} \text{ (kJ/h)}$	-1,64E+07			
	$n_i \text{ (mol/h)}$	$C_{pi,ref} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$C_{pi,0} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$\Delta H \text{ (kJ/h)}$
EO	5,94E+05	88,45	94,57	-3,21E+06
H2O	2,97E+06	75,39	75,66	-1,32E+07
MEG	0,00	148,4	166,64	0,00
DEG	0,00	225,46	253,04	0,00
TEG	0,00	352,09	399,32	0,00

El cálculo de la entalpía de reacción estándar para el lecho 1 se lleva a cabo a partir de las entalpías de cada una de las reacciones desarrolladas en el equipo de estudio. De esta manera, se indican en la Tabla 4.11 las entalpías para cada una de estas reacciones y la entalpía de reacción estándar total.

Tabla 4.11. Entalpías de reacción estándar para el lecho 1. Elaboración propia

$\Delta H_{\text{reacción 298K, total}} \text{ (kJ/h)}$	-5,77E+06
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 1}} \text{ (kJ/h)}$	-5,37E+06
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 2}} \text{ (kJ/h)}$	-3,77E+05
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 3}} \text{ (kJ/h)}$	-3,01E+04

En la Tabla 4.12 se recogen los flujos molares y los calores específicos de los productos a la salida del lecho 1. El cálculo de la entalpía de los productos se realiza como variación entre la temperatura de salida del lecho (Tabla 4.9) y la temperatura de referencia (25 °C). Además, se presenta la diferencia entre los dos lados de la ecuación [4.11].

Tabla 4.12. Flujos molares, calores específicos y entalpías de productos a la salida del lecho 1.

Elaboración propia

$\Delta H_{\text{productos}}$ (kJ/h)	2,22E+07		Diferencia (kJ/h)	3,57E+02
	n_i (mol/h)	$C_{pi,ref}$ (J/mol·K)	$C_{pi,F}$ (J/mol·K)	ΔH (kJ/h)
EO	5,45E+05	88,45	96,15	4,00E+06
H2O	2,92E+06	75,39	76,12	1,76E+07
MEG	4,33E+04	148,4	172,67	5,53E+05
DEG	2,44E+03	225,46	263,13	4,75E+04
TEG	2,44E+02	352,09	415,77	7,47E+03

Por último, se exponen para el resto de los lechos los mismos datos que han sido presentados para el lecho 1:

- Lecho 2: Tablas 4.13, 4.14 y 4.15.
- Lecho 3: Tablas 4.16, 4.17 y 4.18.
- Lecho 4: Tablas 4.19, 4.20 y 4.21.
- Lecho 5: Tablas 4.22, 4.23 y 4.24.
- Lecho 6: Tablas 4.25, 4.26 y 4.27.
- Lecho 7: Tablas 4.28, 4.29 y 4.30.
- Lecho 8: Tablas 4.31, 4.32 y 4.33.
- Lecho 9: Tablas 4.34, 4.35 y 4.36.
- Lecho 10: Tablas 4.37, 4.38 y 4.39.

Tabla 4.13. Flujos molares, calores específicos y entalpías de reactivos a la entrada del lecho 2.

Elaboración propia

$\Delta H_{\text{reactivos}} \text{ (kJ/h)}$	-1,67E+07			
	$n_i \text{ (mol/h)}$	$C_{pi,ref} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$C_{pi,0} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$\Delta H \text{ (kJ/h)}$
EO	5,45E+05	88,45	94,65	-3,00E+06
H2O	2,92E+06	75,39	75,68	-1,32E+07
MEG	4,33E+04	148,4	166,93	-4,09E+05
DEG	2,44E+03	225,46	253,52	-3,51E+04
TEG	2,44E+02	352,09	400,12	-5,52E+03

Tabla 4.14. Entalpías de reacción estándar para el lecho 2. Elaboración propia

$\Delta H_{\text{reacción 298K, total}} \text{ (kJ/h)}$	-5,28E+06
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 1}} \text{ (kJ/h)}$	-4,90E+06
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 2}} \text{ (kJ/h)}$	-3,45E+05
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 3}} \text{ (kJ/h)}$	-2,75E+04

Tabla 4.15. Flujos molares, calores específicos y entalpías de productos a la salida del lecho 2.

Elaboración propia

$\Delta H_{\text{productos}} \text{ (kJ/h)}$	2,20E+07		Diferencia (kJ/h)	-4,34E+02
	$n_i \text{ (mol/h)}$	$C_{pi,ref} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$C_{pi,F} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$\Delta H \text{ (kJ/h)}$
EO	5,01E+05	88,45	96,10	3,64E+06
H2O	2,88E+06	75,39	76,11	1,72E+07
MEG	8,28E+04	148,4	172,45	1,05E+06
DEG	4,68E+03	225,46	262,76	9,00E+04
TEG	4,68E+02	352,09	415,17	1,41E+04

Tabla 4.16. Flujos molares, calores específicos y entalpías de reactivos a la entrada del lecho 3.

Elaboración propia

$\Delta H_{\text{reactivos}} \text{ (kJ/h)}$	-1,47E+07			
	$n_i \text{ (mol/h)}$	$C_{pi,ref} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$C_{pi,0} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$\Delta H \text{ (kJ/h)}$
EO	5,01E+05	88,45	94,03	-2,42E+06
H2O	2,88E+06	75,39	75,55	-1,15E+07
MEG	8,28E+04	148,4	164,84	-6,87E+05
DEG	4,68E+03	225,46	250,14	-5,90E+04
TEG	4,68E+02	352,09	394,52	-9,26E+03

Tabla 4.17. Entalpías de reacción estándar para el lecho 3. Elaboración propia

$\Delta H_{\text{reacción 298K, total}} \text{ (kJ/h)}$	-7,52E+06
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 1}} \text{ (kJ/h)}$	-6,99E+06
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 2}} \text{ (kJ/h)}$	-4,91E+05
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 3}} \text{ (kJ/h)}$	-3,92E+04

Tabla 4.18. Flujos molares, calores específicos y entalpías de productos a la salida del lecho 3.

Elaboración propia

$\Delta H_{\text{productos}} \text{ (kJ/h)}$	2,22E+07		Diferencia (kJ/h)	-7,00E+02
	$n_i \text{ (mol/h)}$	$C_{pi,ref} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$C_{pi,F} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$\Delta H \text{ (kJ/h)}$
EO	4,37E+05	88,45	96,17	3,22E+06
H2O	2,81E+06	75,39	76,13	1,70E+07
MEG	1,39E+05	148,4	172,76	1,78E+06
DEG	7,86E+03	225,46	263,29	1,53E+05
TEG	7,86E+02	352,09	416,02	2,41E+04

Tabla 4.19. Flujos molares, calores específicos y entalpías de reactivos a la entrada del lecho 4.

Elaboración propia

$\Delta H_{\text{reactivos}} \text{ (kJ/h)}$	-1,41E+07			
	$n_i \text{ (mol/h)}$	$C_{pi,ref} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$C_{pi,0} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$\Delta H \text{ (kJ/h)}$
EO	4,37E+05	88,45	93,84	-2,03E+06
H2O	2,81E+06	75,39	75,52	-1,08E+07
MEG	1,39E+05	148,4	164,24	-1,11E+06
DEG	7,86E+03	225,46	249,17	-9,52E+04
TEG	7,86E+02	352,09	392,91	-1,49E+04

Tabla 4.20. Entalpías de reacción estándar para el lecho 4. Elaboración propia

$\Delta H_{\text{reacción 298K, total}} \text{ (kJ/h)}$	-8,02E+06
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 1}} \text{ (kJ/h)}$	-7,46E+06
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 2}} \text{ (kJ/h)}$	-5,24E+05
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 3}} \text{ (kJ/h)}$	-4,19E+04

Tabla 4.21. Flujos molares, calores específicos y entalpías de productos a la salida del lecho 4.

Elaboración propia

$\Delta H_{\text{productos}} \text{ (kJ/h)}$	2,21E+07		Diferencia (kJ/h)	-6,44E+02
	$n_i \text{ (mol/h)}$	$C_{pi,ref} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$C_{pi,F} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$\Delta H \text{ (kJ/h)}$
EO	3,69E+05	88,45	96,16	2,71E+06
H2O	2,75E+06	75,39	76,13	1,66E+07
MEG	1,99E+05	148,4	172,72	2,55E+06
DEG	1,13E+04	225,46	263,22	2,19E+05
TEG	1,13E+03	352,09	415,90	3,45E+04

Tabla 4.22. Flujos molares, calores específicos y entalpías de reactivos a la entrada del lecho 5.

Elaboración propia

$\Delta H_{\text{reactivos}} \text{ (kJ/h)}$	-1,40E+07			
	$n_i \text{ (mol/h)}$	$C_{pi,ref} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$C_{pi,0} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$\Delta H \text{ (kJ/h)}$
EO	3,69E+05	88,45	93,84	-1,72E+06
H2O	2,75E+06	75,39	75,52	-1,06E+07
MEG	1,99E+05	148,4	164,24	-1,59E+06
DEG	1,13E+04	225,46	249,17	-1,36E+05
TEG	1,13E+03	352,09	392,91	-2,14E+04

Tabla 4.23. Entalpías de reacción estándar para el lecho 5. Elaboración propia

$\Delta H_{\text{reacción 298K, total}} \text{ (kJ/h)}$	-7,95E+06
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 1}} \text{ (kJ/h)}$	-7,39E+06
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 2}} \text{ (kJ/h)}$	-5,19E+05
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 3}} \text{ (kJ/h)}$	-4,15E+04

Tabla 4.24. Flujos molares, calores específicos y entalpías de productos a la salida del lecho 5.

Elaboración propia

$\Delta H_{\text{productos}} \text{ (kJ/h)}$	2,20E+07		Diferencia (kJ/h)	1,51E+02
	$n_i \text{ (mol/h)}$	$C_{pi,ref} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$C_{pi,F} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$\Delta H \text{ (kJ/h)}$
EO	3,02E+05	88,45	96,14	2,21E+06
H2O	2,68E+06	75,39	76,12	1,61E+07
MEG	2,59E+05	148,4	172,66	3,30E+06
DEG	1,46E+04	225,46	263,11	2,84E+05
TEG	1,46E+03	352,09	415,74	4,46E+04

Tabla 4.25. Flujos molares, calores específicos y entalpías de reactivos a la entrada del lecho 6.

Elaboración propia

$\Delta H_{\text{reactivos}} \text{ (kJ/h)}$	-1,37E+07			
	$n_i \text{ (mol/h)}$	$C_{pi,ref} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$C_{pi,0} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$\Delta H \text{ (kJ/h)}$
EO	3,02E+05	88,45	93,75	-1,37E+06
H2O	2,68E+06	75,39	75,50	-1,01E+07
MEG	2,59E+05	148,4	163,94	-2,02E+06
DEG	1,46E+04	225,46	248,69	-1,73E+05
TEG	1,46E+03	352,09	392,11	-2,72E+04

Tabla 4.26. Entalpías de reacción estándar para el lecho 6. Elaboración propia

$\Delta H_{\text{reacción 298K, total}} \text{ (kJ/h)}$	-8,34E+06
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 1}} \text{ (kJ/h)}$	-7,75E+06
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 2}} \text{ (kJ/h)}$	-5,45E+05
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 3}} \text{ (kJ/h)}$	-4,35E+04

Tabla 4.27. Flujos molares, calores específicos y entalpías de productos a la salida del lecho 6.

Elaboración propia

$\Delta H_{\text{productos}} \text{ (kJ/h)}$	2,20E+07		Diferencia (kJ/h)	-1,30E+02
	$n_i \text{ (mol/h)}$	$C_{pi,ref} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$C_{pi,F} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$\Delta H \text{ (kJ/h)}$
EO	2,31E+05	88,45	96,17	1,71E+06
H2O	2,61E+06	75,39	76,14	1,58E+07
MEG	3,21E+05	148,4	172,79	4,13E+06
DEG	1,82E+04	225,46	263,34	3,55E+05
TEG	1,82E+03	352,09	416,10	5,58E+04

Tabla 4.28. Flujos molares, calores específicos y entalpías de reactivos a la entrada del lecho 7.

Elaboración propia

$\Delta H_{\text{reactivos}} \text{ (kJ/h)}$	-1,31E+07			
	$n_i \text{ (mol/h)}$	$C_{pi,ref} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$C_{pi,0} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$\Delta H \text{ (kJ/h)}$
EO	2,31E+05	88,45	93,55	-1,01E+06
H2O	2,61E+06	75,39	75,47	-9,44E+06
MEG	3,21E+05	148,4	163,34	-2,40E+06
DEG	1,82E+04	225,46	247,74	-2,06E+05
TEG	1,82E+03	352,09	390,51	-3,24E+04

Tabla 4.29. Entalpías de reacción estándar para el lecho 7. Elaboración propia

$\Delta H_{\text{reacción 298K, total}} \text{ (kJ/h)}$	-8,95E+06
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 1}} \text{ (kJ/h)}$	-8,31E+06
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 2}} \text{ (kJ/h)}$	-5,84E+05
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 3}} \text{ (kJ/h)}$	-4,67E+04

Tabla 4.30. Flujos molares, calores específicos y entalpías de productos a la salida del lecho 7.

Elaboración propia

$\Delta H_{\text{productos}} \text{ (kJ/h)}$	2,20E+07		Diferencia (kJ/h)	3,67E+02
	$n_i \text{ (mol/h)}$	$C_{pi,ref} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$C_{pi,F} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$\Delta H \text{ (kJ/h)}$
EO	1,55E+05	88,45	96,19	1,15E+06
H2O	2,53E+06	75,39	76,14	1,54E+07
MEG	3,88E+05	148,4	172,86	5,00E+06
DEG	2,19E+04	225,46	263,46	4,30E+05
TEG	2,19E+03	352,09	416,30	6,76E+04

Tabla 4.31. Flujos molares, calores específicos y entalpías de reactivos a la entrada del lecho 8.

Elaboración propia

$\Delta H_{\text{reactivos}} \text{ (kJ/h)}$	-1,30E+07			
	$n_i \text{ (mol/h)}$	$C_{pi,ref} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$C_{pi,0} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$\Delta H \text{ (kJ/h)}$
EO	1,55E+05	88,45	93,55	-6,78E+05
H2O	2,53E+06	75,39	75,47	-9,17E+06
MEG	3,88E+05	148,4	163,34	-2,91E+06
DEG	2,19E+04	225,46	247,74	-2,49E+05
TEG	2,19E+03	352,09	390,51	-3,91E+04

Tabla 4.32. Entalpías de reacción estándar para el lecho 8. Elaboración propia

$\Delta H_{\text{reacción 298K, total}} \text{ (kJ/h)}$	-8,83E+06
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 1}} \text{ (kJ/h)}$	-8,21E+06
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 2}} \text{ (kJ/h)}$	-5,77E+05
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 3}} \text{ (kJ/h)}$	-4,61E+04

Tabla 4.33. Flujos molares, calores específicos y entalpías de productos a la salida del lecho 8.

Elaboración propia

$\Delta H_{\text{productos}} \text{ (kJ/h)}$	2,19E+07		Diferencia (kJ/h)	8,55E+02
	$n_i \text{ (mol/h)}$	$C_{pi,ref} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$C_{pi,F} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$\Delta H \text{ (kJ/h)}$
EO	8,05E+04	88,45	96,17	5,93E+05
H2O	2,46E+06	75,39	76,13	1,49E+07
MEG	4,55E+05	148,4	172,76	5,83E+06
DEG	2,57E+04	225,46	263,29	5,01E+05
TEG	2,57E+03	352,09	416,02	7,88E+04

Tabla 4.34. Flujos molares, calores específicos y entalpías de reactivos a la entrada del lecho 9.

Elaboración propia

$\Delta H_{\text{reactivos}} \text{ (kJ/h)}$	-1,55E+07			
	$n_i \text{ (mol/h)}$	$C_{pi,ref} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$C_{pi,0} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$\Delta H \text{ (kJ/h)}$
EO	8,05E+04	88,45	94,39	-4,19E+05
H2O	2,46E+06	75,39	75,62	-1,06E+07
MEG	4,55E+05	148,4	166,04	-4,07E+06
DEG	2,57E+04	225,46	252,07	-3,50E+05
TEG	2,57E+03	352,09	397,72	-5,49E+04

Tabla 4.35. Entalpías de reacción estándar para el lecho 9. Elaboración propia

$\Delta H_{\text{reacción 298K, total}} \text{ (kJ/h)}$	-6,16E+06
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 1}} \text{ (kJ/h)}$	-5,73E+06
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 2}} \text{ (kJ/h)}$	-4,02E+05
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 3}} \text{ (kJ/h)}$	-3,21E+04

Tabla 4.36. Flujos molares, calores específicos y entalpías de productos a la salida del lecho 9.

Elaboración propia

$\Delta H_{\text{productos}} \text{ (kJ/h)}$	2,16E+07		Diferencia (kJ/h)	8,94E+02
	$n_i \text{ (mol/h)}$	$C_{pi,ref} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$C_{pi,F} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$\Delta H \text{ (kJ/h)}$
EO	2,83E+04	88,45	96,12	2,07E+05
H2O	2,40E+06	75,39	76,12	1,44E+07
MEG	5,01E+05	148,4	172,57	6,36E+06
DEG	2,83E+04	225,46	262,96	5,47E+05
TEG	2,83E+03	352,09	415,49	8,60E+04

Tabla 4.37. Flujos molares, calores específicos y entalpías de reactivos a la entrada del lecho

10. Elaboración propia

$\Delta H_{\text{reactivos}} \text{ (kJ/h)}$	-1,90E+07			
	$n_i \text{ (mol/h)}$	$C_{pi,ref} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$C_{pi,0} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$\Delta H \text{ (kJ/h)}$
EO	2,83E+04	88,45	95,47	-1,82E+05
H2O	2,40E+06	75,39	75,89	-1,27E+07
MEG	5,01E+05	148,4	169,89	-5,58E+06
DEG	2,83E+04	225,46	258,41	-4,79E+05
TEG	2,83E+03	352,09	408,12	-7,53E+04

Tabla 4.38. Entalpías de reacción estándar para el lecho 10. Elaboración propia

$\Delta H_{\text{reacción 298K, total}} \text{ (kJ/h)}$	-2,64E+06
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 1}} \text{ (kJ/h)}$	-2,46E+06
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 2}} \text{ (kJ/h)}$	-1,73E+05
$\Delta H_{\text{reacción 298K, reacción 3}} \text{ (kJ/h)}$	-1,38E+04

Tabla 4.39. Flujos molares, calores específicos y entalpías de productos a la salida del lecho 10.

Elaboración propia

$\Delta H_{\text{productos}} \text{ (kJ/h)}$	2,17E+07		Diferencia (kJ/h)	-9,12E+01
	$n_i \text{ (mol/h)}$	$C_{pi,ref} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$C_{pi,F} \text{ (J/mol}\cdot\text{K)}$	$\Delta H \text{ (kJ/h)}$
EO	5,94E+03	88,45	96,14	4,36E+04
H2O	2,38E+06	75,39	76,12	1,43E+07
MEG	5,21E+05	148,4	172,65	6,64E+06
DEG	2,94E+04	225,46	263,10	5,71E+05
TEG	2,94E+03	352,09	415,71	8,97E+04

4.4. Intercambiador H-103

En este apartado se detallan los cálculos realizados para el balance de energía del intercambiador H-103, donde se debe calentar la corriente 10 desde los 25°C de los que sale de la torre de extracción T-101 hasta los 60°C a los que entra en la torre D-101, por otra parte, se debe enfriar la corriente 15 que sale de la torre de destilación D-102 a 162°C todo lo posible para reducir el consumo de refrigerante en el intercambiador H-104.

Para realizar estos cálculos se ha supuesto un calor específico constante para cada corriente, siendo este la media entre las condiciones de entrada y salida de dicha corriente, en un primer momento para la carcasa solo se tendrá en cuenta la de entrada puesto que se desconoce la de salida. Los valores del calor específico se calculan mediante el procedimiento descrito anteriormente y pueden verse en la Tabla 4.40 y los valores de los caudales molares en la Tabla 4.41. También será necesario conocer los valores de temperatura de al menos tres corrientes, que aparecen recogidas en la Tabla 4.42. La otra temperatura será calculada más adelante.

Tabla 4.40. Calores específicos. Elaboración propia.

	c_p Corriente 10 (J/mol·K)	c_p Corriente 12 (J/mol·K)	c_p Corriente 15 (J/mol·K)
Óxido de etileno	88,45	95,84	97,16
Agua	75,39	76,01	78,22
MEG	148,40	171,35	188,71
DEG	216,71	244,74	292,78
TEG	364,56	428,10	461,88
Furfural	168,30	187,10	201,32

Tabla 4.41. Flujos molares de los compuestos. Elaboración propia.

	Flujo molar Corriente 10 (kmol/h)	Flujo molar Corriente 15 (kmol/h)
Óxido de etileno	0,00	0,00
Agua	1.616,99	0,00
MEG	1.533,51	0,00
DEG	88,23	0,00
TEG	8,82	0,00
Furfural	727,77	727,77

Tabla 4.42. Temperaturas de las corrientes del intercambiador. Elaboración propia.

	Corriente 10	Corriente 12	Corriente 15
Temperatura (°C)	25	60	162

A partir de las Tablas 4.40, 4.41 y 4.42 y aplicando la ecuación [4.12], se puede calcular el calor de cada compuesto con respecto a la temperatura de referencia (25°C) en sus respectivas corrientes como se puede ver en la Tabla 4.43.

$$Q = \sum m \cdot c_p \cdot \Delta T \quad [4.12]$$

Tabla 4.43. Calores de los compuestos. Elaboración propia.

	Q Corriente 10 (kJ/h)	Q Corriente 12 (kJ/h)	Q Corriente 15 (kJ/h)
Óxido de etileno	0,00	0,00	0,00
Agua	0,00	4.284.219,45	0,00
MEG	0,00	8.580.926,55	0,00
DEG	0,00	712.482,91	0,00
TEG	0,00	122.387,77	0,00
Furfural	0,00	4.526.380,45	20.072.574,14
Total	0,00	18.226.397,12	20.072.574,14

Ahora, empleando las ecuaciones [4.13], [4.14] y [4.15] se puede despejar el calor de la corriente restante cuyo resultado se puede ver en la ecuación [4.16]

$$\text{Entrada} - \text{Salida} = 0 \quad [4.13]$$

$$(H_1 - H_2) + (H_3 - H_4) = 0 \quad [4.14]$$

$$H_4 = H_1 - H_2 + H_3 \quad [4.15]$$

$$H_4 = 1.846.177,03 \text{ kJ/h} \quad [4.16]$$

Una vez tenemos la entalpía de la corriente 16 podemos calcular la temperatura mediante la ecuación [4.12] y empleando la herramienta SOLVER de Microsoft Excel.

El primer valor de la temperatura es de 39 °C que empleamos para calcular el calor específico de cada una de las sustancias como se puede observar en la Tabla 4.44.

Tabla 4.44. Calores específicos de la corriente 16. Elaboración propia.

	c_p Corriente 16 (J/mol·K)
Óxido de etileno	89,77
Agua	75,26
MEG	152,22
DEG	230,90
TEG	361,70
Furfural	170,97

Una vez calculados los calores específicos, se recalcula la media para esta corriente como se puede ver en la Tabla 4.45.

Tabla 4.45. Calor específico recalculado para los tubos. Elaboración propia.

	c_{p, medio} (J/mol·K)
Óxido de etileno	93,47
Agua	76,74
MEG	170,47
DEG	261,84
TEG	411,79
Furfural	186,15

A partir de los datos de la Tabla 4.45 se repiten los cálculos del balance para este nuevo calor específico empleando la herramienta SOLVER de Microsoft Excel, obteniéndose la misma temperatura de 39°C. Como no existe diferencia no se realizará una nueva iteración.

Para realizar este intercambio de calor es necesaria un área de 514,47 m², cuyo cálculo aparece detallado en el Anexo II del presente documento.

5. BIBLIOGRAFÍA

PERRY, Robert H., GREEN, Don W. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. The McGraw-Hill Companies, Inc., 7ª Edición, 1999. ISBN: 0-07-049841-5.

ALTIOKKA, Mehmet R., AKYALÇIN, Sema. *Kinetics of the Hydration of Ethylene Oxide in the Presence of Heterogeneous Catalyst*. Ind. Eng. Chem. Res., 2009. DOI: 10.1021/ie901037w. Volumen 48, Número 24, Páginas 10840–10844.

ANEXO II. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Planta de producción de etil-glicol (etano-1,2-diol) a partir de
óxido de etileno

ÍNDICE ANEXO II

- PARTE A. REACTOR DE HIDRÓLISIS R-101
- PARTE B. TORRE DE EXTRACCIÓN T-101
- PARTE C. INTERCAMBIADOR DE CALOR H-103
- PARTE D. VÁLVULA DE ALIVIO PSV-108
- PARTE E. VÁLVULA DE ALIVIO PSV-112

PARTE A. REACTOR DE HIDRÓLISIS R-101

Planta de producción de etil-glicol (etano-1,2-diol) a partir de
óxido de etileno

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	2
2. CINÉTICA.....	2
2.1. Mecanismos catalíticos	2
2.2. Elección del catalizador	4
3. DIMENSIONADO	7
3.1. Volumen de catalizador	7
3.2. Dimensionado del recipiente	17
3.3. Caída de presión.....	23
4. DISEÑO MECÁNICO	24
4.1. Introducción	24
4.2. Definiciones.....	25
4.3. Condiciones de operación y diseño.....	26
4.3.1. Resumen de las condiciones de operación y diseño.....	26
4.3.2. Presión de diseño	27
4.3.3. Temperatura de diseño	28
4.4. Material	29
4.4.1. Factores relevantes	29
4.4.2. Selección sistemática	29
4.4.3. Selector de materiales.....	35
4.4.4. Composición y propiedades del material seleccionado	35
4.5. Orientación.....	36
4.6. Carcasa	37
4.7. Cabezales.....	41
4.8. Cálculo de cargas.....	46
4.8.1. Cálculo de cargas para la carcasa	46
4.8.2. Cálculo de cargas para el soporte	51
5. BIBLIOGRAFÍA.....	55

1. INTRODUCCIÓN

La finalidad del presente Anexo es la de recoger todos aquellos cálculos, suposiciones y decisiones que han sido realizados para poder llevar a cabo el diseño del reactor R-101.

2. CINÉTICA

2.1. Mecanismos catalíticos

Se presentarán las distintas alternativas para la catálisis de la reacción de hidrólisis del óxido de etileno para la obtención de monoetilenglicol, el mecanismo de dicha reacción de interés es desarrollado tanto en soluciones ácidas como básicas. (Yang et col., 2009)

El valor del pH es el segundo factor de mayor influencia en la selectividad del MEG tras su dependencia con la concentración del catalizador, ya que al aumentar la concentración de catalizador la selectividad del MEG se incrementa. (Yang et col., 2009)

A partir de la Figura 2.1 se describirán las distintas rutas de reacción posibles para la reacción catalizada por medio ácido. En primer lugar, un óxido de etileno protonado (EOH^+) por el sistema ácido es formado como un intermediario activo inicial, seguidamente se desencadenarían tres rutas. (Yang et col., 2009)

La ruta 1 es la correspondiente a la hidrólisis térmica sin presencia de catalizador, en la que el H_2O puede atacar un átomo de carbono en el EOH^+ mediante el mecanismo $\text{S}_{\text{N}}2$, produciendo así un MEG con la liberación de un protón. El mecanismo $\text{S}_{\text{N}}2$, también conocido como sustitución nucleofílica bimolecular o ataque desde atrás, consiste en una sustitución nucleofílica donde un par de electrones libres de un nucleófilo atacan un centro electrofílico y se enlaza a él; reemplazado otro grupo llamado grupo saliente. Es decir, el grupo entrante (OH^-) se une al EOH^+ y expulsa al grupo saliente (H^+) en una sola etapa. (Yang et col., 2009)

Al mismo tiempo, ocurre la ruta 3 en la que el EOH^+ puede ser atacado por un EO no protonado, generando subproductos indeseables. Por lo tanto, una vez más queda claro que una gran

cantidad de exceso de agua es fundamental para garantizar la alta selectividad del MEG, para así promocionar la ruta 1. (Yang et col., 2009)

En presencia de un catalizador ácido (ruta 2) el anión A^- puede atacar al átomo de carbono en el EOH^+ para formar un éster intermedio. A continuación, se desarrollaría el mecanismo S_N2 descrito en la ruta 1, obteniendo MEG con la liberación de un protón y el anión A^- . (Yang et col., 2009)

Las tres rutas antes descritas tienen lugar en paralelo y son competitivas, esto es, la selectividad del MEG depende de la sucesión de estas. A su vez, el favorecimiento de una ruta frente a otra se determina por sus tasas relativas que dependen del valor de pH y la capacidad de esterificación de los aniones. (Yang et col., 2009)

En relación a estos factores, se hallarán las condiciones que promocionen las rutas 1 y 2 frente a la ruta 3. Una acidez fuerte puede acelerar la velocidad de formación de EOH^+ , pero la ruta 2 no se desencadenaría debido a que las especies de aniones existirían de forma desionizada en la solución. Por otro lado, si la acidez es demasiado débil, la tasa de formación de EOH^+ sería baja por la baja concentración de H_3O^+ ; por consiguiente, existiría una gran cantidad de EO no protonado que favorecería la ruta 3. Dando lugar en ambos casos a una selectividad del MEG relativamente baja. En conclusión, sería necesario alcanzar un nivel intermedio de acidez para limitar los efectos desfavorables y obtener así una elevada selectividad del MEG. (Yang et col., 2009)

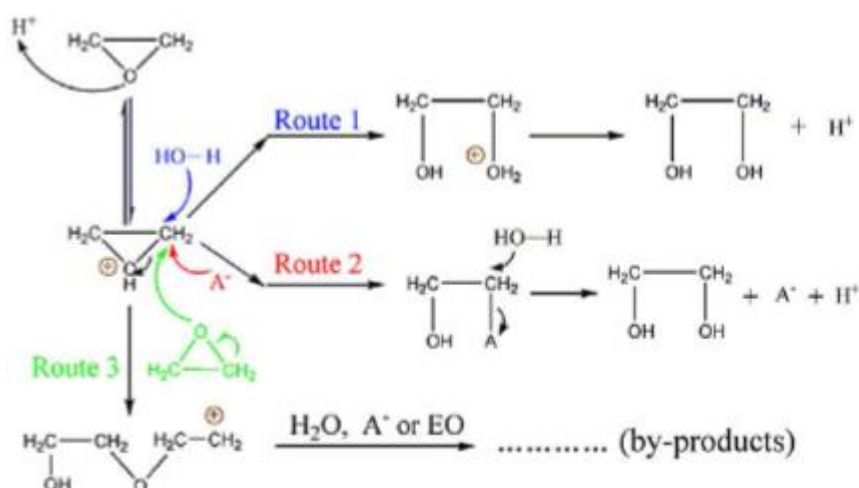


Figura 2.1. Mecanismo de reacción en sistema ácido. (Yang et col., 2009)

El mecanismo de la hidrólisis del óxido de etileno catalizada por sistemas básicos (Figura 2.2) es bastante parecido al descrito para medios ácidos. En primer lugar, la molécula del óxido de

etileno es activada por el anión hidroxilo para formar un intermediario, posteriormente este reaccionará originando tres rutas competitivas en paralelo. (Yang et col., 2009)

En la ruta 1 se desarrolla una reacción prácticamente idéntica a la de la ruta 1 en medio ácido, como única diferencia en medio básico se libera un anión hidroxilo. En presencia de un catalizador básico (ruta 2), se forma el intermediario de éster por el ataque de HA, mejorando en gran medida la formación y selectividad del MEG. Por último, la ruta 3 también genera subproductos indeseables como la ruta 3 en medio ácido y su mecanismo es idéntico a esta. (Yang et col., 2009)

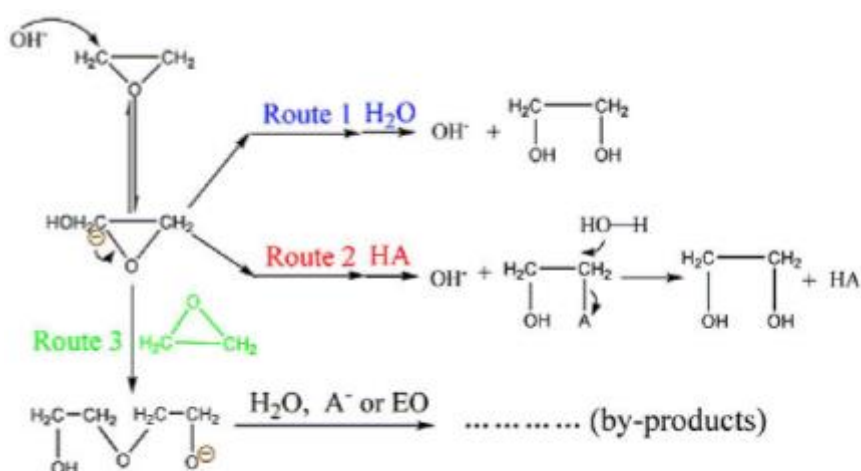


Figura 2.2. Mecanismo de reacción en sistema básico. (Yang et col., 2009)

Además, se aprecia que el valor del pH de las distintas soluciones de catalizador, tanto básicas como ácidas, experimentan aumentos drásticos tras la reacción cuando se trata de medios con baja selectividad del MEG; en cambios, aquellos con alta selectividad solo tuvieron cambios menores a lo largo de todo el proceso. (Yang et col., 2009)

2.2. Elección del catalizador

Es posible concluir gracias a lo presentado en el anterior apartado que existe una relación entre el rendimiento y la selectividad del catalizador y su acidez/basicidad. Puesto que, los catalizadores de ácidos fuertes y base fuertes incrementan considerablemente la velocidad de reacción, pero no son selectivos para la formación de MEG.

En este apartado, se tiene como objetivo presentar el catalizador elegido que será empleado en la reacción de hidrólisis del óxido de etileno para la obtención de monoetilenglicol.

Se utilizará un catalizador heterogéneo anfótero, aunque a razón de encontrarse en medio ácido actúa como base; puesto que, para su regeneración es necesaria una base fuerte (NaOH) que arrastre las moléculas de reactivos adsorbidas en el catalizador.

Dicho catalizador consistente en un soporte de gel formado por una resina polimérica, sobre este se albergan las partículas porosas de catalizador de geometría esférica. Amberjet 4200/HCO₃⁻ es el nombre comercial del catalizador heterogéneo (Figura 2.3), se presentan las propiedades de interés del mismo para el diseño del reactor R-101 en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Propiedades del catalizador Amberjet 4200/HCO₃⁻. (Kołodzyńska, 2011) (Rohm and Haas Company, 2000)

Propiedad	Valor
Matriz	Copolímero de estireno divinilbenceno
Grupo funcional	-[Ph-CH ₂ -N(CH ₃) ₃] ⁺
Forma física	Insoluble, bolas transparentes amarillas
Tamaño de partícula (mm)	0,6375
Radio medio de poro (nm)	9,03
Densidad (g/L)	670
Superficie BET (m ² /g)	5,27
Capacidad de intercambio total (equiv./L)	1,3
Regenerador	NaOH



Figura 2.3. Aspecto catalizador Amberjet 4200/HCO₃⁻ (Carbotech).

Una de las principales razones por las cuales se ha seleccionado el Amberjet 4200/ HCO_3^- en concreto es su capacidad para empaparse con agua como una especie de esponja, favoreciendo así la adsorción de este reactivo. En consecuencia, los procesos difusionales no limitarán el proceso; ya que estos serán rápidos y el gradiente de concentración en los poros será pequeño. Además, la reacción no estará controlada por la adsorción de ninguno de los dos reactivos involucrados (agua y óxido de etileno); es decir, la etapa controlante de la velocidad de reacción es la velocidad de la reacción química en la superficie. (Altiokka et col., 2009)

Del mismo modo, a esta razón se suman las altas conversiones de óxido de etileno y selectividad del MEG alcanzadas. (Altiokka et col., 2009)

A su vez, este catalizador resulta muy interesante debido a que conforme pasa el tiempo en lugar de desactivarse, su velocidad de reacción media no disminuye. En la Tabla 2.2 se presenta la relación entre las velocidades de reacción a tres instantes distintos y la velocidad de reacción inicial con catalizador fresco, para un experimento realizado a escala piloto en un reactor discontinuo catalítico a 368 K en el que tiene lugar la reacción de hidrólisis del óxido de etileno. A medida que se repiten los periodos de operación del reactor con el mismo catalizador, aumenta la velocidad de reacción respecto a la inicial. En el quinto uso que equivale aproximadamente a 65 horas de desarrollo de la reacción, la velocidad de reacción es un 10% superior a la inicial. En consecuencia, es posible deducir que el catalizador Amberjet 4200/ HCO_3^- puede ser empleado durante largos periodos de tiempo sin necesidad de regeneración. (Altiokka et col., 2009)

Tabla 2.2. Velocidades de reacción medias a 368 K en función de los usos del catalizador.

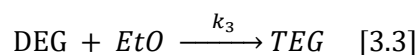
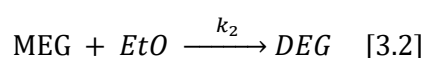
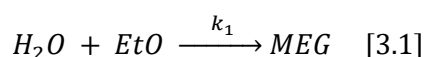
(Altiokka et col., 2009)

Nº de uso	$-\dot{r}_{\text{EtO av}}$	$a = -\dot{r}_{\text{EtO av}} / -\dot{r}_{\text{EtO nuevo}}$
1	0,0395	1
3	0,0368	0,93
5	0,04346	1,100

3. DIMENSIONADO

3.1. Volumen de catalizador

Para la obtención de parámetros cinéticos se ha empleado un reactor discontinuo a escala de laboratorio donde se obtuvieron los datos cinéticos para las ecuaciones [3.1], [3.2] y [3.3]. (Altiokka et col., 2009)



Esta es una reacción bimolecular, irreversible y con una densidad de reacción constante. Se da en fase líquida y por lo tanto, sin cambio de volumen. La velocidad de desaparición del óxido de etileno viene dada por la ecuación [3.4]. (Altiokka et col., 2009)

$$\frac{\partial C_{EtO}}{\partial t} = -r_A = k_1 C_W C_{EtO} + k_2 C_{MEG} C_{EtO} + k_3 C_{DEG} C_{EtO} \quad [3.4]$$

Que se deduce a partir de las ecuaciones de formación de los reactivos como se puede ver en las ecuaciones [3.5], [3.6] y [3.7]. (Altiokka et col., 2009)

$$\frac{\partial C_{MEG}}{\partial t} = k_1 C_W C_{EtO} - k_2 C_{MEG} C_{EtO} \quad [3.5]$$

$$\frac{\partial C_{DEG}}{\partial t} = k_2 C_{MEG} C_{EtO} - k_3 C_{DEG} C_{EtO} \quad [3.6]$$

$$\frac{\partial C_{TEG}}{\partial t} = k_3 C_{DEG} C_{EtO} \quad [3.7]$$

Para llevar a cabo esta reacción se valoraron cuatro catalizadores: Amberjet 4200, Lewatit MonoPlus 500, Dowex SBR y Dowex Marathon A. Se probaron a una temperatura de 358 K, con una presión de 441,3 kPa, un ratio molar W/EtO de 5/1 y el equivalente a 0,23 mol/L de cada catalizador. Se obtuvo que, aunque la selectividad para en MEG es similar para todos ellos, la velocidad de reacción es mayor para el Amberjet 4200 como se puede ver en la Tabla 3.1. (Altiokka et col., 2009)

Tabla 3.1. Velocidad de reacción media y selectividad de MEG para diferentes catalizadores.

(Altiokka et col., 2009)

Tipo de catalizador	$(-r_{\text{EtO}})_{\text{av}}$ [mol/(L·min)]	Selectividad para el MEG (%)
No catalizada	0,0128	73,7
Amberjet 4200	0,118	94,0
Lewatit MonoPlus 500	0,1065	94,3
Dowex SBR	0,1040	93,9
Dowex Marathon A	0,0969	93,8

Los datos detallados del catalizador seleccionado pueden verse en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Propiedades del catalizador. (Kołodzyńska, 2011) (Rohm and Haas Company, 2000)

Propiedad	Valor
Tamaño de partícula (mm)	0,6375
Radio medio de poro (nm)	9,03
Densidad (g/L)	670
Superficie BET (m ² /g)	5,27
Capacidad de intercambio total (equiv./L)	1,3

Para el Amberjet 4200, se realizaron varios experimentos con diferentes temperaturas a una presión constante de 441,3 kPa, con un ratio molar W/EtO de 5/1 y empleando 0,15 mol/L de catalizador. Los datos de estos experimentos aparecen reflejados en la Tabla 3.3. (Altiokka et col., 2009)

Tabla 3.3. Valores de las constantes de velocidad a diferentes temperaturas. (Altiokka et col., 2009)

Temperatura (K)	$k_1 \times 10^4$ [L/(mol·min)]	$k_2 \times 10^4$ [L/(mol·min)]	$k_3 \times 10^4$ [L/(mol·min)]
338	1,6603	0,5292	0,5355
348	3,4716	1,1142	1,5238
358	7,8438	2,7136	2,9197
368	16,471	6,0055	5,8241

Los valores de las constantes cinéticas para las tres reacciones vienen dados en función de la temperatura según las ecuaciones [3.8], [3.9] y [3.10], que se calcularon a partir de los valores de la Tabla 3.3 empleando la ecuación de Arrhenius. (Altiokka et col., 2009)

$$k_1 [L \cdot mol^{-1} \cdot min^{-1}] = \exp(19,60 - 9580/T) \quad [3.8]$$

$$k_2 [L \cdot mol^{-1} \cdot min^{-1}] = \exp(20,19 - 10171/T) \quad [3.9]$$

$$k_3 [L \cdot mol^{-1} \cdot min^{-1}] = \exp(19,06 - 9743/T) \quad [3.10]$$

En base a los datos de la Tabla 3.3 se ha decidido que la temperatura de operación sea de 368 K ya que es la que ofrece una mayor velocidad de reacción, y aunque la selectividad es algo peor proporciona una solución aceptable. (Altiokka et col., 2009)

Para evaluar los efectos del ratio molar entre el agua y el óxido de etileno se llevaron a cabo varios experimentos a una temperatura constante de 358 K y 0,15 mol/L de catalizador. El ratio molar de W/EtO fue de 1,61/1, 4,68/1, 7,92/1 y 10,44/1. Los resultados pueden verse en la Figura 3.1. (Altiokka et col., 2009)

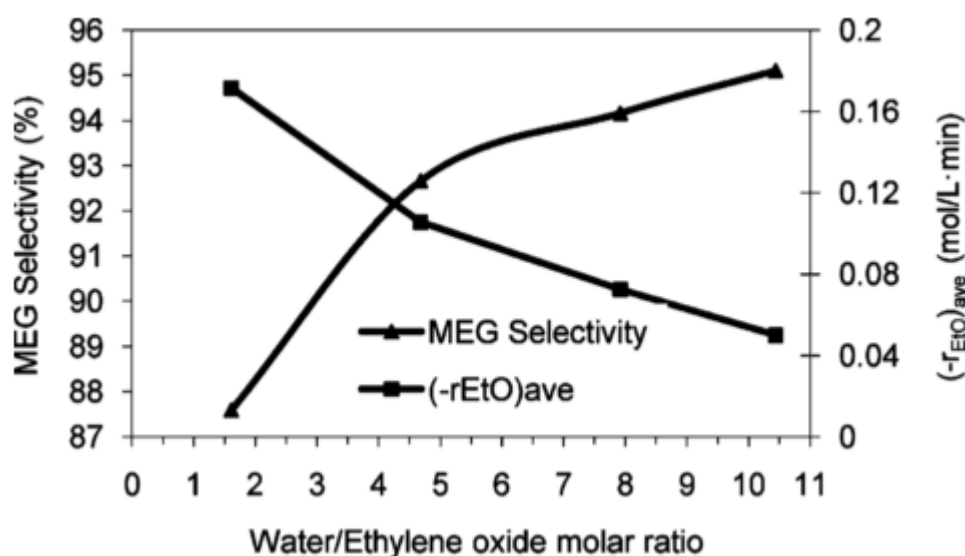


Figura 3.1. Efectos del ratio molar W/EtO sobre la velocidad de reacción y la selectividad.

(Altiokka et col., 2009)

Como se puede observar en la Figura 3.1, a medida que el ratio aumenta también aumenta la selectividad pero disminuye la velocidad de reacción, por lo que se va a emplear un ratio molar W/EtO de 5/1 ya que ofrece una elevada selectividad sin reducir excesivamente la velocidad de reacción. (Altiokka et col., 2009)

Otro factor importante a evaluar es la concentración de catalizador, para ello se llevaron a cabo varios experimentos variando la concentración de catalizador de 0 a 0,23 mol/L con un ratio

molar W/EtO de 5/1 y a una temperatura de 358 K. Los resultados se pueden observar en la Figura 3.2. (Altiokka et col., 2009)

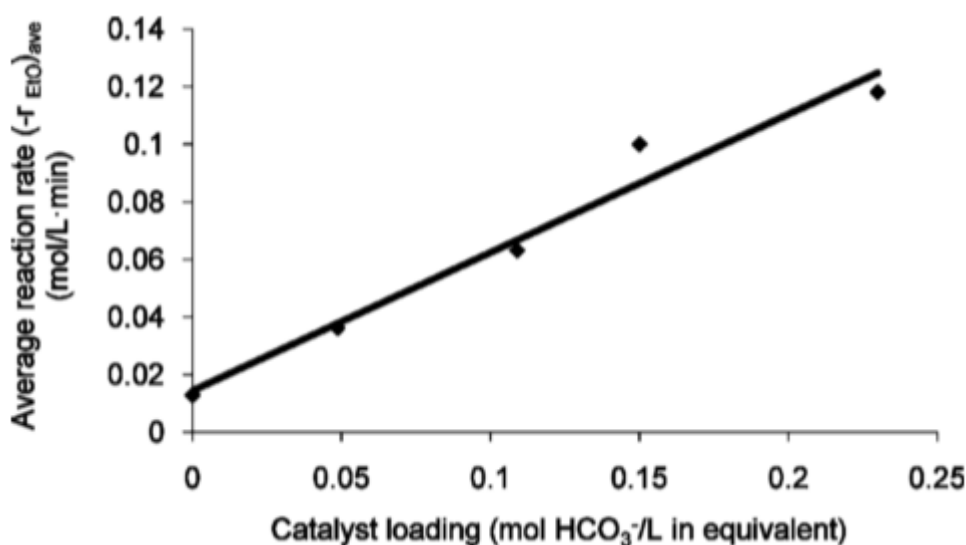


Figura 3.2. Relación entre la velocidad de reacción y la cantidad de catalizador. (Altiokka et col., 2009)

Como se puede observar en la Figura 3.2, la velocidad de reacción media aumenta linealmente junto con la concentración del catalizador como es de esperar debido a que una mayor concentración de catalizador implica una mayor superficie activa. En este caso se ha optado por una concentración del catalizador de 0,15 mol/L debido a que los resultados experimentales muestran que su efectividad es similar a la de concentraciones mayores de catalizador.

Para evaluar la desactivación del catalizador se llevaron a cabo experimentos con una concentración de catalizador de 0,19 mol/L a 343 K con un ratio molar W/EtO de 5/1. Los resultados pueden verse en la Tabla 3.4. (Altiokka et col., 2009)

Tabla 3.4. Velocidades de reacción medias según el uso del catalizador. (Altiokka et col., 2009)

Nº de uso	$-r_{\text{EtO av}}$	$a = -r_{\text{EtO av}} / -r_{\text{EtO nuevo}}$
1	0,0395	1
3	0,0368	0,93
5	0,04346	1,100

Como se puede observar en la Tabla 3.4 no existe desactivación al menos hasta el quinto uso lo que llevó 65 horas debido a la baja temperatura de reacción, en experimentos llevados a cabo

con resinas similares se llegaron a llevar a cabo experimentos de 1820 horas sin que el catalizador experimentase desactivación. (USS 5.488.184, 1996)

Para este caso se va a emplear un reactor catalítico de lecho fijo debido a que es necesario un contacto eficaz entre el fluido y el catalizador, a que debido a que no es una reacción excesivamente exotérmica la presencia de puntos calientes no supone un problema y el catalizador no requiere regeneración frecuente. Para aproximar su comportamiento se emplea el modelo de flujo en pistón. (Altiokka et col., 2009)

El reactor va a estar refrigerado mediante serpentines entre los lechos, debido al contacto eficaz que proporciona entre el fluido y el catalizador y al no ser una reacción excesivamente exotérmica la presencia de puntos calientes no sería un problema.

Una vez que se poseen todos los datos teóricos debemos llevar a cabo un estudio de la resistencia a la difusión en los poros, debido a la falta de datos se van a llevar a cabo diversas suposiciones, que aparecen recogidas en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Tabla de hipótesis de cálculo. Elaboración propia.

Suposición	Causa
Para el cálculo de la resistencia en los poros se emplea la reacción como reacción de pseudo-primer orden en lugar de segundo orden	El exceso de agua hace que su concentración se mantenga aproximadamente constante.
La difusividad combinada se asume como igual a la difusividad Knudsen.	No se dispone de datos de difusividad ordinaria que permitan calcular la difusividad combinada.
La tortuosidad de las partículas de catalizador se asume como 1	No se dispone de datos sobre la tortuosidad de partículas de catalizador
Para calcular el volumen molar de la disolución de entrada se han empleado 4,41 bar y 73,74°C en lugar de 95°C	A 95°C se produce una vaporización del 12% de la mezcla mientras que a 73,74°C se mantiene completamente líquida.

Se va a suponer que la reacción es de pseudo-orden uno con respecto al óxido de etileno debido a que el exceso de agua hace que su concentración se pueda considerar como constante, también se va a considerar que es la concentración de óxido de eteno la limitante. La resistencia a la difusión en los poros solo se calculará para la reacción principal y se empleará el modelo de partícula esférica con reacciones irreversibles de pseudo-orden uno.

La resistencia a la difusión en los poros viene determinada por el parámetro ϵ que es un parámetro de eficiencia ya que es el ratio entre la velocidad media real dentro del poro y la

velocidad sin tener en cuenta la difusión dentro del poro. Se calcula mediante la ecuación [3.11]. (Levenspiel, 2004)

$$\varepsilon = \frac{(-r'_{EtO})_{con\ difusión}}{(-r'_{EtO})_{sin\ resistencia\ a\ la\ difusión}} \quad [3.11]$$

Thiele y Aris relacionaron ε con M_T para las distintas formas de partícula, en concreto, para la esfera se emplea la ecuación [3.12]. (Levenspiel, 2004)

$$\varepsilon = \frac{1}{M_T} \cdot \left(\frac{1}{\tanh 3M_T} - \frac{1}{3M_T} \right) \quad [3.12]$$

Para calcular el módulo de Thiele (M_T) debe emplearse la ecuación [3.13]. (Levenspiel, 2004)

$$M_T = L \cdot \sqrt{\frac{k'''}{D_e}} \quad [3.13]$$

Donde L viene determinado por el tipo de partícula y en el caso de las esferas se calcula mediante la ecuación [3.14]. (Levenspiel, 2004)

$$L = \frac{R}{3} \quad [3.14]$$

Para nuestro caso en concreto, sustituyendo en la ecuación [3.15] el valor medio del radio de partícula se obtiene la ecuación [3.14]. (Levenspiel, 2004)

$$L = \frac{0,319\ mm}{3} = 0,106\ mm \quad [3.15]$$

Para calcular la difusividad efectiva se emplea la fórmula [3.16].

$$D_e = \frac{\varepsilon_p \cdot D_c}{\tau} \quad [3.16]$$

Donde D_c es la difusividad combinada, ε_p la porosidad y τ la tortuosidad. La porosidad se calcula mediante la ecuación [3.17] y la difusividad combinada mediante la ecuación [3.21], como no se dispone de los datos de la tortuosidad para el catalizador empleado se va a suponer un valor de 1. (Levenspiel, 2004)

$$\varepsilon_p = \frac{\text{volumen de huecos}}{\text{volumen total}} = \frac{m_p \cdot V_g}{\frac{m_p}{\rho_p}} = V_g \cdot \rho_p \quad [3.17]$$

Dónde V_g es el volumen de poros, ρ_p la densidad de la partícula y m_p la masa de las partículas. Como se desconoce el volumen de poros, debe calcularse a partir de la ecuación [3.18]. (Levenspiel, 2004)

$$r = 2 \frac{V_g}{S_g} \Rightarrow V_g = \frac{r \cdot S_g}{2} \quad [3.18]$$

Donde r es el radio medio de poro y S_g la superficie de poros. Sustituyendo estos datos en la ecuación [3.18] se obtiene la ecuación [3.19]. (Levenspiel, 2004)

$$V_g = \frac{9,03 \cdot 10^{-9} m \cdot 5,27 m^2/g}{2} = 2,38 \cdot 10^{-8} m^3/g \quad [3.19]$$

Sustituyendo V_g en la ecuación [3.18] y añadiendo el valor de ρ_p se obtiene la ecuación [3.20].

$$\varepsilon_p = 2,38 \cdot 10^{-8} m^3/g \cdot 670 g/L \cdot \frac{1000 L}{1 m^3} = 0,016 \quad [3.20]$$

Una vez hallada la porosidad, debe calcularse la difusividad combinada, para lo que se emplea la fórmula [3.21]

$$D_c = \frac{1}{\frac{1}{D_{AB}} + \frac{1}{D_K}} \quad [3.21]$$

Dónde D_{AB} es la difusividad ordinaria y D_K la difusividad Knudsen, pero en este caso como no se dispone de los datos de difusividad ordinaria se va a suponer que la difusividad efectiva es igual a la difusividad Knudsen. La difusividad Knudsen se calcula mediante la ecuación [3.22]. (Levenspiel, 2004)

$$D_K = 9,7 \cdot 10^3 \cdot r \cdot \left(\frac{T}{M}\right)^{0,5} \quad [3.22]$$

Dónde r es el radio medio de poro, T la temperatura y M la masa molar del compuesto, sustituyendo en la ecuación [3.22] los datos del óxido de etileno obtenemos la ecuación [3.23].

$$D_K = 9,7 \cdot 10^3 \cdot 9,03 \cdot 10^{-7} cm \cdot \left(\frac{368 K}{44,05 g/mol}\right)^{0,5} = 0,0253 cm^2/s \quad [3.23]$$

Una vez se han obtenido los datos de la difusividad combinada, la porosidad y la tortuosidad, se sustituyen en la ecuación [3.21] para obtener la difusividad efectiva mediante la ecuación [3.24].

$$D_e = \frac{0,016 \cdot 0,0253 cm^2/s}{1} = 4,05 \cdot 10^{-4} cm^2/s \quad [3.24]$$

Para calcular el módulo de Thiele ya solo falta calcular k''' que se obtiene a partir de k combinando las ecuaciones [3.25] y [3.26] en la ecuación [3.27]. (Levenspiel, 2004)

$$-r_A = -\frac{1}{V} \frac{\partial N_A}{\partial t} = k \cdot C_A \cdot C_B \quad [3.25]$$

$$-r'''_A = -\frac{1}{V_p} \frac{\partial N_A}{\partial t} = k''' \cdot C_A \cdot C_B \quad [3.26]$$

$$k \cdot C_A \cdot C_B \cdot V_{vacíos} = k''' \cdot C_A \cdot C_B \cdot V_{cat} \Rightarrow k''' = k \cdot \frac{V_{vacíos}}{V_{cat}} \quad [3.27]$$

Los experimentos fueron llevados a cabo en un volumen de 150 ml con una concentración de catalizador de 0,15 mol/L. Como el catalizador tiene una concentración de 1,3 mol/L podemos obtener el volumen de catalizador empleado mediante la ecuación [3.28]. (Levenspiel, 2004)

$$V_{cat} = \frac{V_{vacíos} \cdot C_{cat}}{\text{Capacidad de intercambio}} \quad [3.28]$$

$$V_{cat} = \frac{0,150L \cdot 0,15 \text{ mol/L}}{1,3 \text{ mol/L}} = 0,0173 L \quad [3.29]$$

Con lo que, sustituyendo en la ecuación [3.27] obtenemos la ecuación [3.30]. (Levenspiel, 2004)

$$k''' = 16,471 \cdot 10^{-4} \frac{L_{vacíos}}{\text{mol} \cdot \text{min}} \cdot \frac{0,150 L_{vacíos}}{0,0173 L_{catalizador}} = 0,0143 \frac{L_{vacíos}^2}{\text{mol} \cdot \text{min} \cdot L_{catalizador}} \quad [3.30]$$

Para poder emplear esta k''' se debe transformar a una constante de pseudo-primer orden multiplicándola por la concentración del agua debido a que es la que se encuentra en exceso y realizando un cambio de unidades como se puede ver en la ecuación [3.31]

$$\begin{aligned} k'''_1 &= k''' \cdot C_{Agua} = 0,0143 \frac{L_{vacíos}^2}{\text{mol} \cdot \text{min} \cdot L_{catalizador}} \cdot 34,48 \text{ mol/L} \\ &= 0,493 \frac{L_{vacíos}}{\text{min} \cdot L_{catalizador}} \quad [3.31] \end{aligned}$$

Seguidamente se procede a realizar un cambio de unidades de la ecuación [3.32]:

$$0,493 \frac{L_{vacíos}}{\text{min} \cdot L_{catalizador}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot \frac{1000 L_{vacíos}}{1 m_{vacíos}^3} \cdot \frac{1 m_{catalizador}^3}{1000 L_{catalizador}} = 8,22 \cdot 10^{-3} \frac{m_{vacíos}^3}{m_{catalizador}^3 \cdot s} \quad [3.32]$$

Y sustituyendo este valor en la ecuación [3.13] se obtiene la ecuación [3.33].

$$M_T = 0,106 \cdot 10^{-3} m \cdot \sqrt{\frac{8,22 \cdot 10^{-3} \frac{m_{vacíos}^3}{m_{catalizador}^3 \cdot s}}{4,05 \cdot 10^{-8} \frac{m^2}{s}}} = 0,048 \quad [3.33]$$

Sustituyendo el valor del módulo de Thiele en la ecuación [3.17] se obtiene la ecuación [3.34].

$$\varepsilon = \frac{1}{0,048} \cdot \left(\frac{1}{\tanh(3 \cdot 0,048)} - \frac{1}{3 \cdot 0,048} \right) = 1 \quad [3.34]$$

Como la eficiencia es 1 se puede concluir que no existe resistencia apreciable a la difusión en los poros.

Para el cálculo del volumen de catalizador, lo primero es convertir las constantes cinéticas por unidad de volumen de reactor en unas constantes en función del volumen de catalizador como se puede ver en las ecuaciones [3.35], [3.36] y [3.37]. (Fogler, 2008)

$$k'''_1 = 16,471 \cdot 10^{-4} \frac{L_{vacios}}{mol \cdot min} \cdot \frac{0,150 L_{vacios}}{0,0173 L_{catalizador}} = 0,0143 \frac{L_{vacios}^2}{mol \cdot min \cdot L_{catalizador}} \quad [3.35]$$

$$k'''_2 = 6,0055 \cdot 10^{-4} \frac{L_{vacios}}{mol \cdot min} \cdot \frac{0,150 L_{vacios}}{0,0173 L_{catalizador}} = 0,00521 \frac{L_{vacios}^2}{mol \cdot min \cdot L_{catalizador}} \quad [3.36]$$

$$k'''_3 = 5,8241 \cdot 10^{-4} \frac{L_{vacios}}{mol \cdot min} \cdot \frac{0,150 L_{vacios}}{0,0173 L_{catalizador}} = 0,00505 \frac{L_{vacios}^2}{mol \cdot min \cdot L_{catalizador}} \quad [3.37]$$

Para el cálculo del volumen de reactor se va a emplear la ecuación de velocidad [3.38].

$$-r_{EtO}''' = C_{EtO_0} \frac{dx_{EtO}}{dt} = (C_{EtO_0})^2 (1 - x_{EtO}) [k'''_1 (H - x_{EtO}) + k'''_2 (M + x_{EtO}) + k'''_3 (D + x_{EtO})] \quad [3.38]$$

Donde:

$$H = C_{w0}/C_{EtO0} = 5 \quad [3.39]$$

$$M = C_{MEG0}/C_{EtO0} = 0 \quad [3.40]$$

$$D = C_{DEG0}/C_{EtO0} = 0 \quad [3.41]$$

Sustituyendo los valores de H, M, D, k'''_1 , k'''_2 y k'''_3 en la fórmula obtenemos la ecuación [3.42].

$$-r_{EtO}''' = C_{EtO_0} \frac{dx_{EtO}}{dt} = (C_{EtO_0})^2 (1 - x_{EtO}) [0,0143(5 - x_{EtO}) + 0,00521(x_{EtO}) + 0,00505(x_{EtO})] \quad [3.42]$$

Ahora, se calculará la concentración molar de la mezcla a la entrada del reactor, para ello se ha empleado el software HYSYS con el paquete termodinámico Extended-NRTL a 4,41 bar y 73,74°C y se ha obtenido que la concentración de agua es 34,48 M y la de óxido de etileno 6,90 M. (Fogler, 2008)

Sustituyendo la ecuación [3.42] en la ecuación [3.43] que es la ecuación de diseño de un reactor de flujo en pistón obtenemos la ecuación [3.44]. (Fogler, 2008)

$$\frac{V_{catalizador}}{F_{EtO_0}} = \int_{x_{EtO_0}}^{x_{EtO_f}} \frac{\partial x_{EtO}}{-r_{EtO}'''} \quad [3.43]$$

$$\frac{V_{catalizador}}{F_{EtO_0}} = \int_{x_{EtO_0}}^{x_{EtO_f}} \frac{\partial x_{EtO}}{(C_{EtO_0})^2 (1 - x_{EtO}) [0,0143(5 - x_{EtO}) + 0,00521(x_{EtO}) + 0,00505(x_{EtO})]} \quad [3.44]$$

A partir de la ecuación [3.44], se puede calcular el volumen de reactor sabiendo que la alimentación es de 28.600,3 mol/min de óxido de etileno, la concentración inicial de óxido de etileno de 6,90 M y que la conversión será del 99% como se puede ver en la ecuación [3.45]. (Fogler, 2008)

$$\frac{V_{catalizador}}{29706,76 \text{ mol/min}} = \int_0^{0,99} \frac{\partial x_{EtO}}{(6,90 \text{ mol/L})^2 (1 - x_{EtO}) [0,0143(5 - x_{EtO}) + 0,00521(x_{EtO}) + 0,00505(x_{EtO})]} \quad [3.45]$$

$$V = 42.062 L_{catalizador}$$

Una vez calculado el volumen de catalizador, empleando los datos de la Tabla 3.6 para las propiedades de lechos fijos a nivel industrial y con las fórmulas [3.45], [3.46] y [3.47] se calcula el volumen de vacíos y el volumen total del lecho. (Fogler, 2008)

$$\varepsilon = \frac{V_{vacíos}}{V_{vacíos} + V_{catalizador}} \Rightarrow 0,393 = \frac{V_{vacíos}}{V_{vacíos} + 42.062 L} \Rightarrow V_{vacío} = 27.233 L \quad [3.46]$$

Por lo que el volumen total viene dado por la ecuación [3.47]

$$V_{total} = V_{vacíos} + V_{catalizador} = 27.233 L + 42.062 L = 69.295 L \quad [3.47]$$

El volumen total será de 69,3 m³ que se dividirá en 3 reactores en paralelo con 23,1 m³ cada uno. El dimensionado calculado se encuentra dentro de los valores medios de la industria, dado que en la actualidad existen reactores de lecho fijo con catalizadores de resina con unos tamaños que oscilan entre 5 L y 1000 m³. En conclusión, este reactor se halla dentro de este rango y su construcción sería viable.

Tabla 3.6. Propiedades de lechos de varios materiales regulares. (Coulson et col., 2002)

Solid constituents			Porous mass	
No.	Description	Specific surface area $S(\text{m}^2/\text{m}^3)$	Fractional voidage, e (—)	Permeability coefficient B (m^2)
Spheres				
1	0.794 mm diam. ($\frac{1}{32}$ in.)	7600	0.393	6.2×10^{-10}
2	1.588 mm diam. ($\frac{1}{16}$ in.)	3759	0.405	2.8×10^{-9}
3	3.175 mm diam. ($\frac{1}{8}$ in.)	1895	0.393	9.4×10^{-9}
4	6.35 mm diam. ($\frac{1}{4}$ in.)	948	0.405	4.9×10^{-8}
5	7.94 mm diam. ($\frac{5}{16}$ in.)	756	0.416	9.4×10^{-8}
Cubes				
6	3.175 mm ($\frac{1}{8}$ in.)	1860	0.190	4.6×10^{-10}
7	3.175 mm ($\frac{1}{8}$ in.)	1860	0.425	1.5×10^{-8}
8	6.35 mm ($\frac{1}{4}$ in.)	1078	0.318	1.4×10^{-8}
9	6.35 mm ($\frac{1}{4}$ in.)	1078	0.455	6.9×10^{-8}
Hexagonal prisms				
10	4.76 mm \times 4.76 mm thick ($\frac{3}{16}$ in. \times $\frac{3}{16}$ in.)	1262	0.355	1.3×10^{-8}
11	4.76 mm \times 4.76 mm thick ($\frac{3}{16}$ in. \times $\frac{3}{16}$ in.)	1262	0.472	5.9×10^{-8}
Triangular pyramids				
12	6.35 mm length \times 2.87 mm ht. ($\frac{1}{4}$ in. \times 0.113 in.)	2410	0.361	6.0×10^{-9}
13	6.35 mm length \times 2.87 mm ht. ($\frac{1}{4}$ in. \times 0.113 in.)	2410	0.518	1.9×10^{-8}
Cylinders				
14	3.175 mm \times 3.175 mm diam. ($\frac{1}{8}$ in. \times $\frac{1}{8}$ in.)	1840	0.401	1.1×10^{-8}
15	3.175 mm \times 6.35 mm diam. ($\frac{1}{8}$ in. \times $\frac{1}{4}$ in.)	1585	0.397	1.2×10^{-8}
16	6.35 mm \times 6.35 mm diam. ($\frac{1}{4}$ in. \times $\frac{1}{4}$ in.)	945	0.410	4.6×10^{-8}
Plates				
17	6.35 mm \times 6.35 mm \times 0.794 mm ($\frac{1}{4}$ in. \times $\frac{1}{4}$ in. \times $\frac{1}{32}$ in.)	3033	0.410	5.0×10^{-9}
18	6.35 mm \times 6.35 mm \times 1.59 mm ($\frac{1}{4}$ in. \times $\frac{1}{4}$ in. \times $\frac{1}{16}$ in.)	1984	0.409	1.1×10^{-8}
Discs				
19	3.175 mm diam. \times 1.59 mm ($\frac{1}{8}$ in. \times $\frac{1}{16}$ in.)	2540	0.398	6.3×10^{-9}
Porcelain Berl saddles				
20	6 mm (0.236 in.)	2450	0.685	9.8×10^{-8}
21	6 mm (0.236 in.)	2450	0.750	1.73×10^{-7}
22	6 mm (0.236 in.)	2450	0.790	2.94×10^{-7}
23	6 mm (0.236 in.)	2450	0.832	3.94×10^{-7}
24	Lessing rings (6 mm)	5950	0.870	1.71×10^{-7}
25	Lessing rings (6 mm)	5950	0.889	2.79×10^{-7}

3.2. Dimensionado del recipiente

Se ha elegido el reactor de lecho fijo como el tipo de reactor en el que se producirá la hidrólisis catalítica del óxido de etileno a etilenglicol, el siguiente paso consiste en establecer sus dimensiones.

En consecuencia, se calculará el diámetro del reactor y la longitud de los distintos lechos en los que se dividirá el catalizador, siguiendo el procedimiento recogido en la Figura 3.3.

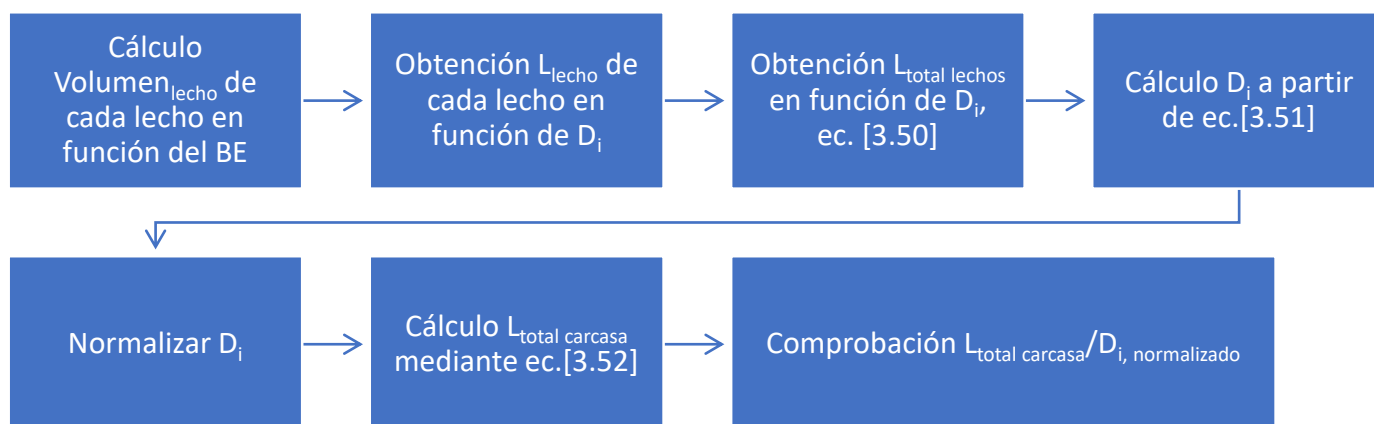


Figura 3.3. Procedimiento de cálculo para el dimensionado. Elaboración propia.

A continuación, se explicará el procedimiento desarrollado para el dimensionado del reactor de lecho fijo.

En primer lugar, en el apartado del balance de energía a este equipo se expone el método de separación de todo el volumen de catalizador en lechos de diferentes alturas, en función de las restricciones establecidas por la temperatura de operación y la temperatura alcanzada en estos. En la Figura 3.4 se presenta un esquema del equipo junto a la manera en la que se distribuyen los lechos para cumplir los requerimientos planteados en el balance de energía.

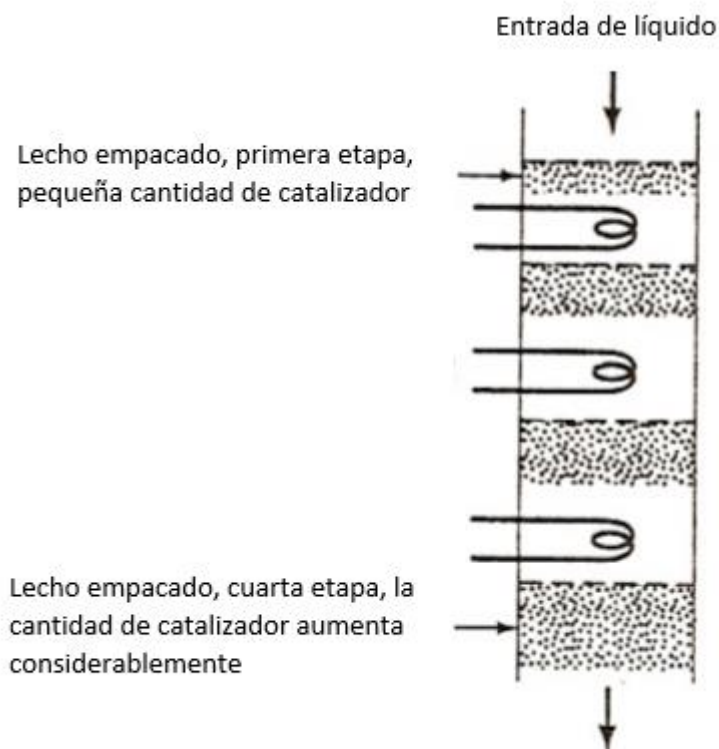


Figura 3.4. Distribución de los lechos en el reactor R-101. (Fogler, 2008)

En la Tabla 3.7 se recoge el volumen de lecho correspondiente a cada lecho, calculado mediante la adición del volumen de catalizador y el de huecos para cada uno de ellos (resultados procedentes del apartado del balance de energía al reactor R-101).

Tabla 3.7. Volumen de lecho para los 10 lechos del reactor R-101. Elaboración propia.

$V_{\text{lecho, total reactor (L)}}$	23.098,33
$V_{\text{lecho, lecho 1 (L)}}$	412,47
$V_{\text{lecho, lecho 2 (L)}}$	412,47
$V_{\text{lecho, lecho 3 (L)}}$	659,95
$V_{\text{lecho, lecho 4 (L)}}$	824,94
$V_{\text{lecho, lecho 5 (L)}}$	989,93
$V_{\text{lecho, lecho 6 (L)}}$	1.319,90
$V_{\text{lecho, lecho 7 (L)}}$	1.979,86
$V_{\text{lecho, lecho 8 (L)}}$	3.299,76
$V_{\text{lecho, lecho 9 (L)}}$	5.279,62
$V_{\text{lecho, lecho 10 (L)}}$	7.919,43

Más tarde, se obtiene la longitud del lecho de cada lecho (L_{lecho}) en función del diámetro interno de la carcasa (D_i). Para realizar este cálculo, se asumirá que el volumen de lecho total del reactor ($V_{lecho, total reactor}$) será igual a 3,5 veces el volumen de lecho de un lecho cuyo diámetro es igual a su longitud ($V_{lecho, L=D_i}$), esta suposición se esclarece en la ecuación [3.48]. Los lechos se han considerado como cilindros de longitud variable entre ellos e igual diámetro.

$$V_{lecho, total reactor} = \frac{\pi D_i^2 L_{total lechos}}{4} = 3,5 V_{lecho, L=D_i} = \frac{3,5 \pi D_i^3}{4} \quad [3.48]$$

Empleando la ecuación [3.48] y el volumen de lecho total (Tabla 3.6) se obtendrá $V_{lecho, L=D_i}$, su valor se recoge en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8. Valor de $V_{lecho, L=D_i}$. Elaboración propia.

$V_{lecho, L=D_i} (L)$	6.599,52
------------------------	----------

Se divide el volumen de lecho de cada lecho entre la variable recogida en la Tabla 3.8, así se obtendrían las distintas longitudes de los lechos en función del diámetro interno de la carcasa, ver ecuación [3.49]. En la Tabla 3.9 se recogen las expresiones para las longitudes de los 10 lechos.

$$\frac{V_{lecho, j}}{V_{lecho, L=D_i}} = \frac{\frac{\pi D_i^2 L_{lecho, j}}{4}}{\frac{\pi D_i^3}{4}} \rightarrow L_{lecho, j} = \frac{V_{lecho, j}}{V_{lecho, L=D_i}} D_i \quad [3.49]$$

Tabla 3.9. Longitud de lecho en función del diámetro interno de la carcasa. Elaboración propia.

$L_{\text{lecho, 1}}$	$0,0625 D_i$
$L_{\text{lecho, 2}}$	$0,0625 D_i$
$L_{\text{lecho, 3}}$	$0,1 D_i$
$L_{\text{lecho, 4}}$	$0,125 D_i$
$L_{\text{lecho, 5}}$	$0,15 D_i$
$L_{\text{lecho, 6}}$	$0,2 D_i$
$L_{\text{lecho, 7}}$	$0,3 D_i$
$L_{\text{lecho, 8}}$	$0,5 D_i$
$L_{\text{lecho, 9}}$	$0,8 D_i$
$L_{\text{lecho, 10}}$	$1,2 D_i$

A continuación, se determina la longitud total de los lechos ($L_{\text{total lechos}}$) en función del diámetro interno de la carcasa sumando las relaciones obtenidas para cada uno de los lechos (Tabla 3.9), ecuación [3.50].

$$L_{\text{total lechos}} = 0,0625D_i + 0,0625D_i + 0,1D_i + 0,125D_i + 0,15D_i + 0,2D_i + 0,3D_i + 0,5D_i + 0,8D_i + 1,2D_i = 3,5D_i \quad [3.50]$$

Se calcula el diámetro interno de la carcasa (D_i) mediante la ecuación [3.51], esta expresión procede de despejar D_i en la ecuación [3.48]. El valor de D_i se presenta en la Tabla 3.10.

$$D_i = \sqrt[3]{\frac{4V_{\text{lecho, total reactor}}}{3,5\pi}} \quad [3.51]$$

Se normaliza D_i ($D_{i, \text{ normalizado}}$) de acuerdo a las fuentes bibliográficas, su valor se expone en la Tabla 3.10. Se recoge el valor del diámetro normalizado en unidades del SI y del USCS (*United States Costumary System*), puesto que los valores bibliográficos de los que se dispone para normalizar emplean las unidades de este último.

A su vez, se determina la expresión (ecuación [3.52]) para obtener la longitud total de la carcasa ($L_{total\ carcasa}$), su dimensión será la suma de la longitud total de los lechos y la longitud de los espacios entre lechos y en la parte inferior y superior. En la separación entre lechos debe colocarse una boquilla de entrada y otra de salida de refrigerante, una boca de hombre (60 cm) y dos mallas sustentadoras (una de la parte inferior del lecho superior y otra de la parte superior del lecho inferior, 10 cm cada una); se determina dejar un espacio entre lechos de 5 ft (1,5 m). A su vez, tanto en la separación entre la parte superior de la carcasa y el primer lecho como en la de la parte inferior de la carcasa y el décimo lecho, se debe incluir una malla sustentadora (10 cm) y un espaciado para la entrada de reactivos o a salida de productos; se determina dejar un espacio de 2 ft (0,6 m). Las longitudes presentadas se han obtenido a través de diversos fabricantes en unidades del USCS. El valor de la longitud total de la carcasa se expone en la Tabla 3.10. (Sulzer, 2018) (Sinnott, 2007) (Walas, 1990)

$$L_{total\ carcasa} = 3,5D_i + 9 * \text{separación entre lechos} + 2 * \text{separación}^{arriba/abajo}$$

$$= 3,5D_i + 49\ (ft) \quad [3.52]$$

La ecuación [3.52] expresada en unidades del SI daría lugar a la ecuación [3.53]:

$$L_{total\ carcasa} = 3,5D_i + 14,94\ (m) \quad [3.53]$$

Basándose en los datos aportados por la bibliografía y según reglas heurísticas, las cuales sugieren 2,5 - 5 como el rango habitual para la relación L/D ($L_{total\ carcasa}/D_i$, normalizado) en recipientes de proceso. Esta relación se establece para llegar a una situación de compromiso entre aumentar la longitud del recipiente que incrementaría la caída de presión y aumentar el diámetro que encarecería el equipo. (Turton, 2009)

En consecuencia, se lleva a cabo un procedimiento de tanteo para la determinación de las dimensiones del reactor que cumplan la relación L/D; es decir, se modifica el diámetro interno normalizado y se recalcula la relación anterior hasta que se cumpla. En la Tabla 3.10 se presentan las dimensiones resultado para el reactor R-101.

Tabla 3.10. Dimensiones resultado del reactor R-101. Elaboración propia.

D_i (ft)	6,67
$D_{i, \text{normalizado}}$ (ft)	12
$D_{i, \text{normalizado}}$ (m)	3,66
$L_{\text{total carcasa}}$ (m)	17,13
$L_{\text{total carcasa}}/D_{i, \text{normalizado}}$	4,68

3.3. Caída de presión

La resistencia al flujo de un fluido a través de los huecos de un lecho de sólidos es la resultante del rozamiento total de todas las partículas del lecho. El rozamiento total por unidad de área es igual a la suma de dos tipos de fuerza, las de rozamiento viscoso y las fuerzas de inercia. La pérdida fraccional para el flujo a través de lechos de relleno puede calcularse utilizando la expresión de Ergun (ecuación [3.54]):

$$\frac{\Delta P}{L} = 150 \frac{(1 - \varepsilon)^2}{\varepsilon^3} \frac{\eta v_0}{D_p^2 \phi_s^2} + 1,75 \frac{(1 - \varepsilon)}{\varepsilon^3} \frac{\rho v_0^2}{D_p \phi_s} \quad [3.54]$$

Donde:

ρ : densidad del fluido

μ : viscosidad del fluido

D_p : diámetro de partícula

L : altura del lecho

ε : porosidad del lecho

ϕ_s : Esfericidad de la partícula

v_0 : velocidad superficial del fluido (velocidad que tendría el fluido si el recipiente no contuviese sólidos).

Como propiedades recogidas en la Tabla 3.11 varían con la composición y la temperatura, se van a evaluar a la entrada y salida del reactor y se empleará la media para los cálculos.

Tabla 3.11. Propiedades de las corrientes de entrada y salida al reactor. Elaboración propia.

Propiedad	Entrada	Salida	Media
Densidad (kg/m ³)	956,70	1046,00	1001,35
Viscosidad (cP))	0,310	0,629	0,469
Caudal en cada reactor (m ³ /h)	83,31	76,20	79,76
Velocidad superficial (m/s)	0,0021	0,0020	0,0021

$$v_0 = \frac{Q}{S} = \frac{79,76 \text{ m}^3/\text{h}}{\left(\frac{3,66 \text{ m}}{2}\right)^2 \cdot \pi} = 7,58 \text{ m/h} = 0,0021 \text{ m/s} \quad [3.55]$$

$$\frac{\Delta P}{L} = 150 \frac{(1 - 0,393)^2}{0,393^3} \cdot \frac{4,69 \cdot 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s} \cdot 0,0021 \text{ m/s}}{(6,38 \cdot 10^{-4} \text{ m})^2 \cdot 1^2} + 1,75 \frac{(1 - 0,393)}{0,393^3} \cdot \frac{1.001,35 \text{ kg/m}^3 \cdot (0,0021 \text{ m/s})^2}{6,38 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot 1} = 2388,82 \text{ Pa/m} = 0,024 \text{ bar/m} \quad [3.56]$$

Una vez que se ha calculado la caída de presión por metro de lecho se puede calcular la caída de presión total multiplicando por la distancia total de lechos como puede verse en la ecuación [3.57].

$$\Delta P = 0,024 \text{ bar/m} \cdot 2,2 \text{ m} = 0,053 \text{ bar} \quad [3.57]$$

4. DISEÑO MECÁNICO

4.1. Introducción

El diseño mecánico del R-101 se realizará siguiendo el *ASME Boiler & Pressure Vessel Code*, ya que este código es el estándar de mayor empleo a nivel internacional.

El equipo a diseñar dentro del Código ASME BPV se encuentra en la categoría de recipientes a presión, en la sección VIII relativa a las reglas para la construcción de recipientes a presión. Esta nomenclatura se aplica a distintas unidades de proceso como reactores, torres de extracción, columnas de destilación, recipientes de almacenamiento a presión o intercambiador de calor.

A su vez, en la sección VIII existen tres divisiones diferenciadas. En la primera se recogen las reglas generales y se encuentra dirigida a recipientes a baja presión (rango entre 15 y 3000 psi).

La segunda reúne las reglas alternativas para casos de diseño especiales. Por último, en la tercera división aparece especificado el diseño para equipos sometidos a presión muy elevada.

En consecuencia, la división 1 de la sección VIII del Código ASME BPV será la empleada para el diseño mecánico del reactor R-101, puesto que esta unidad se encuentra dentro del rango de definición de recipientes a baja presión (1,03 a 206,84 bar); ya que su presión de operación sería de 4 bar. Además, se utiliza la sección II de este mismo estándar para consultar las propiedades de distintos materiales, a fin de efectuar los cálculos correspondientes.

4.2. Definiciones

- Operación normal: Operación dentro de los límites de diseño para el recipiente. Cualquier combinación de temperatura y presión durante una operación específica son permisibles y no deben asumirse como la condición más severa asumida para el diseño del recipiente.
- Presión de operación: Presión en la parte superior del recipiente a la que opera en condiciones normales. No debe exceder la temperatura máxima de trabajo permitida y normalmente se mantiene a un nivel adecuado por debajo de la presión de apertura de los dispositivos de alivio para prevenir su frecuente apertura.
- Temperatura de operación o trabajo: Temperatura a la que se mantiene el metal en la parte del recipiente que se está considerando durante la operación normal del recipiente de proceso.
- Presión de diseño: La presión empleada para diseñar un componente de un recipiente con la coincidente temperatura de diseño, se emplea para calcular el espesor mínimo las características físicas de las diferentes zonas del recipiente de proceso.
- Temperatura de diseño: La temperatura máxima no debe ser inferior a la temperatura media del metal durante la operación normal. La mínima debe ser la menor de las esperadas en servicio. De ser necesario deben determinarse mediante una simulación por ordenador o midiéndola en equipamiento en servicio bajo condiciones de operación equivalentes.
- Presión máxima de operación permisible: La máxima presión manométrica permisible en la parte superior de un recipiente completo en su posición normal de operación a la

temperatura designada para esa presión. Es la base para el cálculo de los dispositivos de alivio que protegen el recipiente.

(American Society of Mechanical Engineers, 2010)

4.3. Condiciones de operación y diseño

4.3.1. Resumen de las condiciones de operación y diseño

En la Tabla 4.1 aparecen reflejadas las distintas presiones y en la Tabla 4.2 aparecen las diferentes temperaturas del reactor.

Tabla 4.1. Presiones del reactor. Elaboración propia

	Valor	Justificación
Presión de operación (bar)	4,41	Presión a la cual se ha calculado la velocidad de reacción.
Presión máxima de operación (bar)	6,13	El código ASME vía Walas recomienda establecer la presión máxima de operación a 25 psi sobre la normal de operación.
Presión de diseño (bar)	7,86	El código ASME vía Walas recomienda establecer la presión de diseño un 10% superior a la máxima de operación o 10-25 psi.
Presión máxima permisible de operación (barg)	6,85	En general se considera igual a la presión de diseño salvo en los casos en los que se esté calculando la presión máxima permisible de operación.

Tabla 4.2. Temperaturas del reactor. Elaboración propia.

	Valor	Justificación
Temperatura de operación (°C)	95	Es la temperatura seleccionada para la operación del reactor.
Temperatura máxima de operación (°C)	105	Es la máxima temperatura normal de operación recomendada por el fabricante para el catalizador
Temperatura de diseño (°C)	115	El código ASME vía Walas establece que si la temperatura está situada entre -20°F y 650°F debe emplearse un margen de seguridad de 50°F

4.3.2. Presión de diseño

El código de diseño ASME en su versión del 2010, sección 8, división 1 apartado UG-21 referido a la presión de diseño establece que todos los elementos de un recipiente sometido a presión deben ser diseñados para el caso de mayor presión y temperatura coincidentes esperadas en un funcionamiento normal incluyendo sobrecargas. Las cargas que deben incluirse en el diseño de un recipiente de proceso son: (*American Society of Mechanical Engineers, 2010*)

- La presión interna o externa.
- El peso del recipiente de proceso y su contenido normal durante la operación normal o las condiciones de prueba.
- Reacciones superpuestas debidas al peso de equipamiento acoplado como motores, maquinaria, otros recipientes, tubuladuras y aislamiento.
- Los accesorios de los componentes internos y los soportes del recipiente.
- Reacciones cíclicas y dinámicas debido a la variación de la presión o temperatura, por carga y descargas.
- Viento, nieve y cargas sísmicas.
- Reacciones de impacto como las ondas de choque de los fluidos
- Gradientes de temperatura y expansiones térmicas
- Presiones anormales como aquellas causadas por deflagraciones.

- Presiones de prueba y carga hidráulica durante las pruebas.

Por esto, el código ASME recomienda que la presión de diseño provea de un cierto margen con respecto a la presión normal de operación debido a la previsión de incrementos de presión debidos a estas causas y a fluctuaciones en el funcionamiento. (*American Society of Mechanical Engineers, 2010*)

El código ASME no establece ninguna fórmula ni valor específico que relacione la presión normal de operación con la presión de diseño. No obstante, hay cierta coincidencia entre varios autores de emplear valores en torno al 10% de margen, por ejemplo, Sinnott recomienda emplear como presión de diseño un valor entre un 5 y un 10% superior al de la presión máxima de operación, por otra parte, Walas recomienda emplear un 10% o 10-25 psi dependiendo de cuál sea mayor. (*Walas, 1990*) (*Sinnott et col., 2007*)

En este caso, se va a emplear el Walas y debido a que el 10% de la presión de operación es inferior a 10 psi se va a emplear el criterio de 10-25 psi. Como el óxido de etileno es un compuesto altamente reactivo se ha decidido emplear un margen de 25 psi. (*Walas, 1990*)

4.3.3. Temperatura de diseño

El código de diseño ASME en su versión del 2010, sección 8, división 1 apartado UG-20 referido a la temperatura de diseño establece que la temperatura máxima no debe ser inferior a la temperatura media del metal durante la operación normal y que la mínima debe ser la menor de las esperadas en servicio. De ser necesario deben determinarse mediante una simulación por ordenador o midiéndola en equipamiento en servicio bajo condiciones de operación equivalentes. (*American Society of Mechanical Engineers, 2010*)

El código ASME no establece ninguna fórmula ni valor específico que relacione la presión normal de operación, a falta de una fórmula concreta se van a emplear las recomendaciones del Walas que recomienda que si la temperatura está situada entre -20°F y 650°F debe emplearse un margen de seguridad de 50°F. (*Walas, 1990*)

4.4. Material

4.4.1. Factores relevantes

Se presentan los distintos aspectos a tener en cuenta en la selección del material en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Factores relevantes en la selección del material. Elaboración propia.

Factor	Explicación
Función	Recipiente a presión de radio R (reactor R-101)
Objetivo	Maximizar seguridad priorizando la fuga antes de la rotura (<i>leak before break</i>) (consultar siguiente subapartado)
Limitaciones	Soportar diferencia de presión Operar a 95 °C Ser resistente a la presencia de óxido de etileno, MEG, DEG y TEG Bajo coste
Variables libres	Selección de materiales

4.4.2. Selección sistemática

El primer paso es escoger el índice de material adecuado (M), dado que el reactor R-101 es un recipiente a presión de gran tamaño se escoge como criterio de diseño por cuestiones de seguridad que el recipiente fugue antes de deformarse; ya que gracias al vertido es posible detectar la grieta y parar la operación de proceso antes de que se desencadene un grave accidente por rotura catastrófica del equipo. En la Tabla 4.4 se recogen los índices de material para distintos equipos empleando como criterio de diseño el diseño tolerante a daños, se marca el empleado para la selección del material del reactor R-101.

Tabla 4.4. Índices de material empleando como criterio el diseño tolerante a daños. (Ashby, 2005)

Table B5 Damage-tolerant design	
<i>Function and constraints</i>	<i>Maximize*</i>
Ties (tensile member)	
Maximize flaw tolerance and strength, load-controlled design	K_{Ic} and σ_f
Maximize flaw tolerance and strength, displacement-control	K_{Ic}/E and σ_f
Maximize flaw tolerance and strength, energy-control	K_{Ic}^2/E and σ_f
Shafts (loaded in torsion)	
Maximize flaw tolerance and strength, load-controlled design	K_{Ic} and σ_f
Maximize flaw tolerance and strength, displacement-control	K_{Ic}/E and σ_f
Maximize flaw tolerance and strength, energy-control	K_{Ic}^2/E and σ_f
Beams (loaded in bending)	
Maximize flaw tolerance and strength, load-controlled design	K_{Ic} and σ_f
Maximize flaw tolerance and strength, displacement-control	K_{Ic}/E and σ_f
Maximize flaw tolerance and strength, energy-control	K_{Ic}^2/E and σ_f
Pressure vessel	
Yield-before-break	K_{Ic}/σ_f
Leak-before-break	K_{Ic}^2/σ_f
* K_{Ic} = fracture toughness; E = Young's modulus; σ_f = failure strength (the yield strength for metals and ductile polymers, the tensile strength for ceramics, glasses and brittle polymers loaded in tension; the flexural strength or modulus of rupture for materials loaded in bending).	

La fórmula del índice de material elegido aparece en la ecuación [4.1].

$$M = \frac{K_{Ic}^2}{\sigma_f} \quad [4.1]$$

Donde:

M , índice de material.

K_{Ic}^2 , tenacidad a la fractura [$\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$].

σ_f , límite elástico [MPa].

Tras haber escogido el índice de material, se busca la dirección que lo maximice en los mapas de glóbulos de la metodología Ashby que recojan las variables que aparecen en este índice. Para ello, se traza una recta por inspección inicial de M en la Figura 4.1 (mapa de glóbulos: tenacidad a la fractura frente a límite elástico). Es decir, se toma un punto aleatorio, se calcula M usando ecuación [4.1]; y con este valor y una nueva coordenada para el límite elástico, se obtiene el nuevo valor de la tenacidad de fractura empleando ecuación [4.3].

Cálculos detallados: si $K_{IC}^2 = 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ y $\sigma_f = 100 \text{ MPa}$ empleando ecuación [4.2]:

$$M = \frac{10^2}{100} = 1 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/4} \quad [4.2]$$

Con $M = 1 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/4}$ y $\sigma_f = 10 \text{ MPa}$ empleando ecuación [4.3]:

$$K_{IC}^2 = \sqrt{10} = 3,2 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \quad [4.3]$$

Posteriormente, se toma otro punto en la dirección superior a la recta antes dibujada para comprobar si esta es la dirección que maximiza el índice de material.

Cálculos detallados: si $K_{IC}^2 = 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ y $\sigma_f = 10 \text{ MPa}$ empleando ecuación [4.4]:

$$M = \frac{10^2}{10} = 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/4} \quad [4.4]$$

En conclusión, la dirección hacia la parte superior de la Figura 4.1 de la perpendicular trazada a la recta naranja, es aquella que maximiza M .

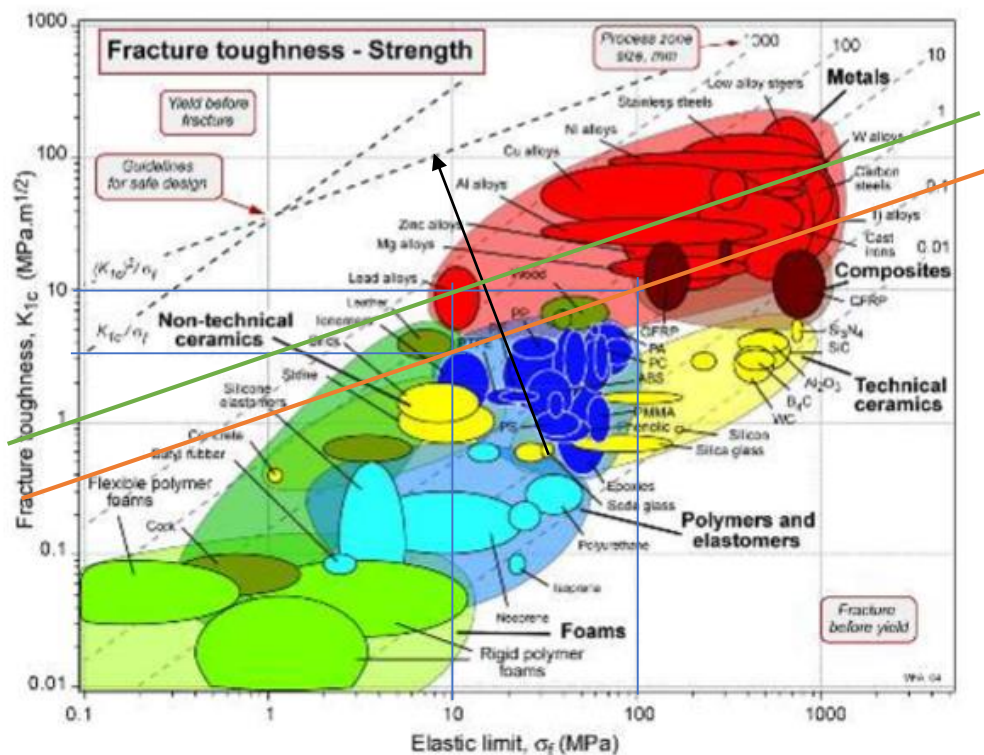


Figura 4.1. Mapa de glóbulos: tenacidad a la fractura frente a límite elástico. (Ashby, 2005)

En consecuencia, se hallan las distintas familias y subfamilias de materiales de mayor interés en relación a las propiedades evaluadas trazando una paralela (recta verde) a la recta naranja por

aquellos glóbulos extremos del mapa. En la Tabla 4.5 se recogen las familias y subfamilias de materiales que serán consideradas en el estudio de selección del material en base a la maximización de M.

Tabla 4.5. Familias y subfamilias de materiales que maximizan M. Elaboración propia a partir de Ashby, 2005.

Familia	Subfamilia
Metales	Aleaciones de níquel
	Aleaciones de cobre
	Aceros inoxidables
	Aceros de baja aleación
	Aleaciones de aluminio
	Aceros al carbono

Una vez que se han elegido materiales capaces de soportar la diferencia de presión, se procede a abordar la siguiente limitación, operar a 95 °C. Visto que la pared del reactor no deberá soportar una temperatura elevada, la satisfacción de este requisito se produce de manera directa sin necesidad de una consideración detallada a hora de elegir el material de diseño del equipo.

Así mismo, el material seleccionado tendrá que resistir la presencia de compuestos corrosivos como el óxido de etileno o los etilenglicoles. Con el fin de evaluar cuál de los metales recogidos en la Tabla 4.5 presenta una resistencia excelente ante el desgaste producido por el óxido de etileno, compuesto más corrosivo de los presentes en el reactor R-101, se empleará la Figura 4.2.

En la Figura 4.2 queda reflejado el comportamiento de los materiales en distintos medios agresores, calificando su resistencia entre A, excelente, y D, mala. Se buscan en esta figura los materiales con resistencia A a la corrosión producida por ácidos fuertes, se ha considerado de esta manera el óxido de etileno, dichos materiales se destacan en la Figura 4.2. Conjuntamente, se descartan de la Tabla 4.5 aquellos que no cumplan los términos de corrosión explicados, dando lugar a la Tabla 4.6.

Tabla 4.6. Familias y subfamilias de materiales que maximizan M y poseen resistencia excelente a la corrosión por ácidos fuertes (óxido de etileno). Elaboración propia a partir de Ashby, 2005

Familia	Subfamilia
Metales	Aleaciones de níquel
	Aceros inoxidables

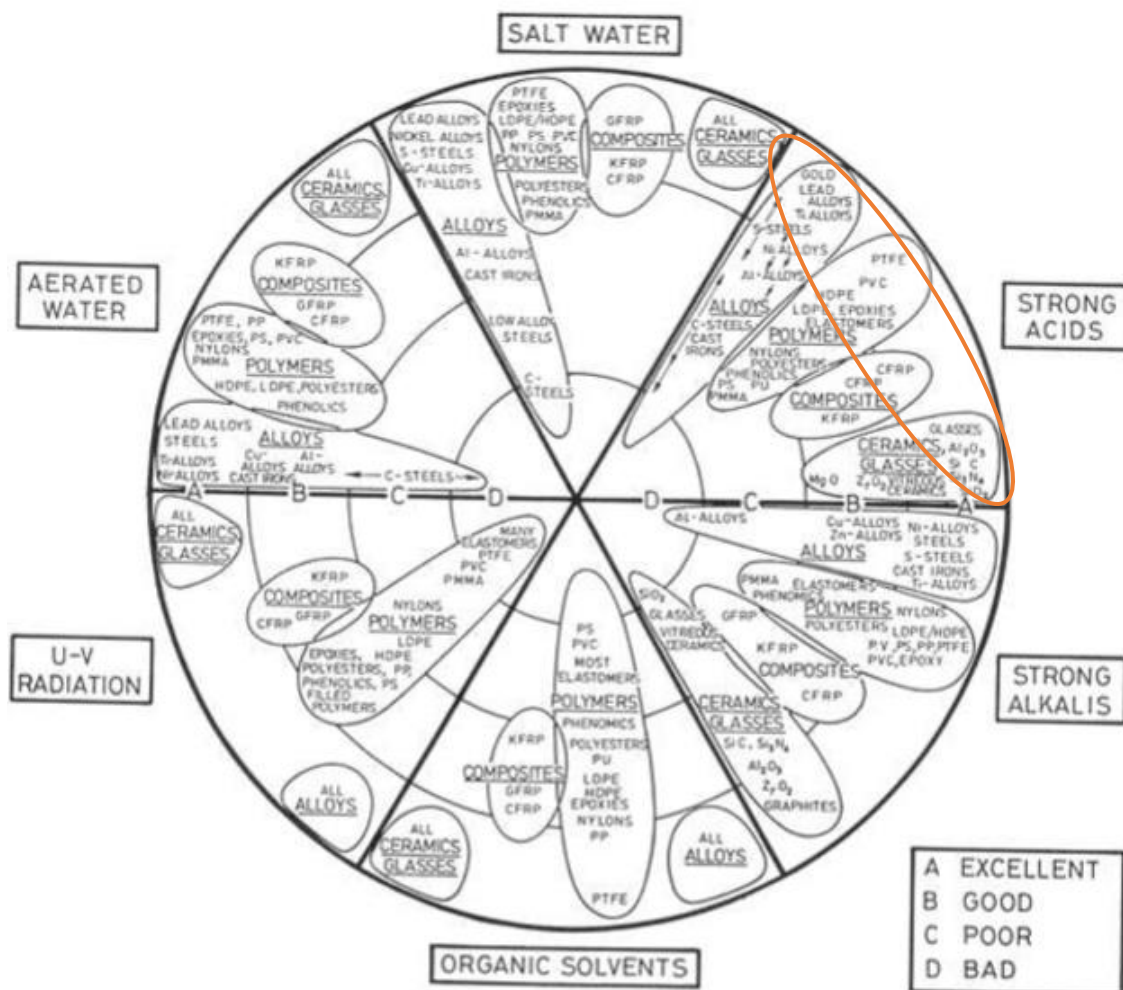


Figura 4.2. Comportamiento de materiales en distintos medios agresores. (Ashby, 2005)

Del mismo modo, se tendría en cuenta la limitación de bajo coste, ya que siempre resulta interesante minimizarlo de manera intrínseca. Se utilizará la Figura 4.3 para elegir entre los dos metales recogidos en la Tabla 4.6 que cumplirían todos los requisitos de operabilidad estudiados, aquel con menor coste por unidad de masa. En la Figura 4.3 se refleja de manera

considerable que el precio por unidad de masa del acero inoxidable es inferior al de las aleaciones de níquel.

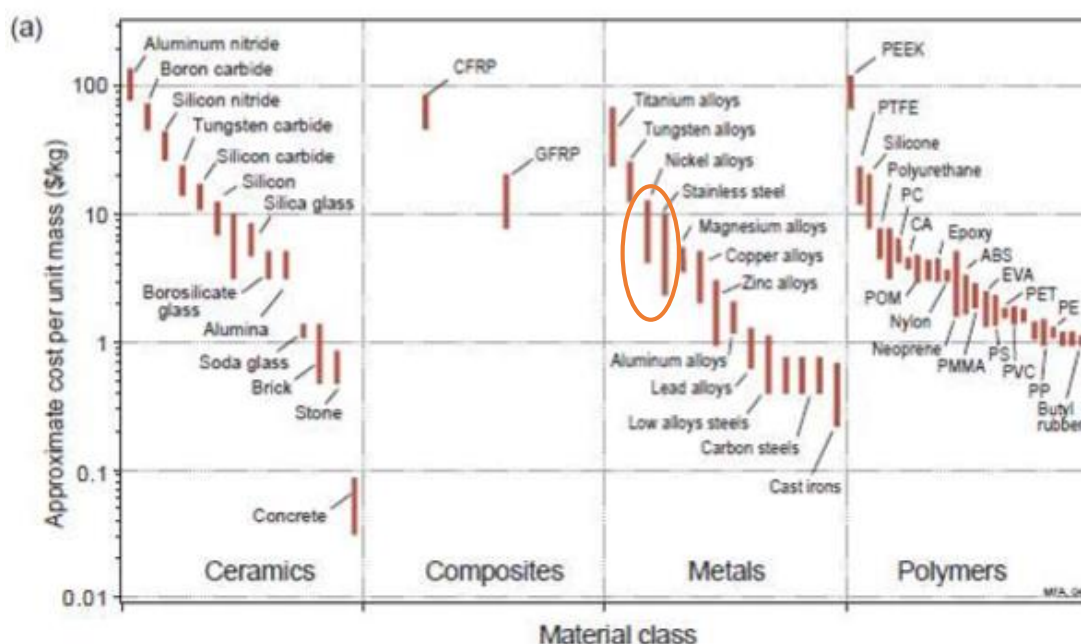


Figura 4.3. Coste aproximado de materiales por unidad de masa. (Ashby, 2005)

En definitiva, el acero inoxidable sería el material seleccionado para el diseño y la construcción del reactor R-101.

Por último, se elegirá un tipo concreto de acero inoxidable de los recogidos en la Tabla 4.7, bajo su especificación ASME. Se ha escogido el acero inoxidable en placas SA-240 grado 304 con una composición nominal 18Cr–8Ni, cuya resistencia mínima especificada a tensión son 75.000 psi. Este tipo de acero es muy habitual en la industria y cumple con todos los requisitos detallados, además la bibliografía muestra que es el más utilizado y más económico en reactores de hidrólisis de óxido de etileno para obtención de monoetilenglicol. (Ashby, 2005)

En el siguiente subapartado, se analizará la viabilidad de la decisión tomada de elegir este tipo concreto de acero inoxidable mediante el software proporcionado por *Granta Design*.

Tabla 4.7. Tipos de aceros inoxidables con especificación ASME. (Ashby, 2005)

Tabla 6-59. Valores de esfuerzos máximos permisibles, en tensión, para aceros de alta aleación*

Valores en libras por pulgada cuadrada

Especificación A.S.M.E. No.	Grado	Composición nominal	Resistencia mínima especificada a la tensión	Para temperaturas que no sobrepasen (°F)										
				-20 a 100	200	400	700	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
Aceros en placas														
SA-240	304	18 Cr-8 Ni	75 000	18 700	15 600	12 900	11 000	10 100	9 700	8 800	6 000	3 700	2 300	1 400
SA-240	304L†	18 Cr-8 Ni	70 000	15 600	13 300	10 000	9 300							
SA-240	316S	25 Cr-20 Ni	75 000	18 700	16 900	14 900	12 700	11 600	9 800	5 000	2 500	700	300	200
SA-240	316	16 Cr-12 Ni- 2 Mo	75 000	18 700	16 100	13 300	11 300	10 800	10 600	10 300	7 400	4 100	2 200	1 700
SA-240	410	13 Cr	65 000	16 200	15 400	14 400	13 100	10 400	6 400	2 900	1 000			
Tubos y tuberías—soldados														
SA-249	TP304	18 Cr-8 Ni	75 000	15 900	13 300	11 000	12 000	11 500	10 600	7 400	4 600	2 900	1 700	1 000
SA-268	TP410	13 Cr	60 000	12 700	12 100	11 300	10 200							
Pernos														
SA-193	B8	18 Cr-8 Ni	75 000	15 000	13 300	10 900	8 600	7 500	7 000	6 300	4 500	2 400	1 400	750
SA-193	B6(410)	13 Cr	110 000	20 000	19 000	17 700	16 100	11 000						

* El Código da varios conjuntos de valores de esfuerzos, dependiendo de condiciones específicas (véase el Código, Tabla UHA-23).
† + 9 000 lb/pulg² a 800 °F

4.4.3. Selector de materiales

Se empleará el software de *Granta Design* para comprobar mediante el uso de este selector de materiales, si se ha sido elegido el material idóneo. En relación a la información abstraída de este programa, se concluye que elegir cualquier tipo de acero inoxidable sería una decisión acertada; es decir, el tipo concreto de acero con el que construir el reactor R-101 sería una selección en base a la información consultada en la bibliografía.

4.4.4. Composición y propiedades del material seleccionado

En la Tabla 4.8 se recoge la composición para el acero inoxidable en placas SA-240 grado 304, además en la Tabla 4.9 se especifican las propiedades de dicho material.

Tabla 4.8. Composición del acero 304. (Atlas Steels Australia, 2018)

Componente	Composición (%)
C	$\leq 0,08$
Mn	$\leq 2,0$
Si	$\leq 0,75$
P	$\leq 0,045$
S	$\leq 0,030$
Cr	18,0 – 20,0
Mo	-
Ni	8,0 – 10,5
N	$\leq 0,10$

Tabla 4.9. Propiedades mecánicas y físicas del acero 304. (Atlas Steels Australia, 2018)

Propiedad	Valor
Resistencia mínima especificada a la tensión (MPa)	515
Densidad (kg/m ³)	8000
Módulo elástico (GPa)	193
Conductividad térmica (W/m·K) a 100 °C	16,2

4.5. Orientación

Se elige un recipiente cilíndrico, ya que existen diversas ventajas con respecto a los recipientes esféricos relativas a la facilidad de construcción: sección constante y con ella la facilidad de operación y de implementación de accesorios internos; sencillez de montaje sobre soportes y menor ocupación de área en la planta cuando se encuentran en orientación vertical.

Para determinar la orientación de este recipiente se calcula el volumen total del recipiente (V_{total}) a partir de la ecuación [4.5] y se utilizan las directrices siguientes: (Freire, 2017)

- Para menos de 1.000 gal, tanques verticales montados sobre estructura metálica.
- Entre 1.000 – 10.000 gal, tanques horizontales montados sobre falda de acero con cimientos de hormigón.

- Por encima de 10.000 gal, tanques verticales montados sobre falda de acero con cimientos de hormigón.

$$V_{total} = \frac{\pi D_i^2 L_{total carcasa}}{4} \quad [4.5]$$

El V_{total} obtenido es superior a 10.000 gal, expuesto en la Tabla 4.10, así que el reactor R-101 se colocará en disposición vertical montado sobre una falda de acero con cimientos de hormigón. Se evalúa este soporte a posteriori mediante su diseño mecánico, para comprobar si posee la capacidad de soportar todas las cargas; puesto que la parte inferior del equipo es una zona de concentración de tensiones.

Tabla 4.10. Volumen total del recipiente. Elaboración propia.

$V_{total} \text{ (m}^3\text{)}$	180,02
$V_{total} \text{ (gal)}$	47.557,30

4.6. Carcasa

Para el cálculo de espesores se adopta el procedimiento descrito en el Código ASME BPV Sec. VIII Div. 1 para recipientes a presión, tanto para la pared de la carcasa para los cabezales.

El espesor mínimo de pared debe ser el mayor valor entre el espesor radial y el espesor longitudinal, los cuales se calculan mediante las ecuaciones [4.6] y [4.7] respectivamente. (Sinnott, 2007)

$$t_{radial} = \frac{P_i D_i}{2SE - 1,2P_i} \quad [4.6]$$

$$t_{longitudinal} = \frac{P_i D_i}{4SE - 0,8P_i} \quad [4.7]$$

Donde:

t_{radial} , espesor radial mínimo requerido de la carcasa [in].

$t_{longitudinal}$, espesor longitudinal mínimo requerido de la carcasa [in].

P_i , presión de diseño [lb/in²].

D_i , diámetro interno normalizado [in].

S, esfuerzo máximo permisible [lb/in²].

E, eficiencia máxima permisible de la unión soldada.

Se obtiene el esfuerzo máximo permisible del material utilizado para la construcción de este equipo procedente de la Tabla 4.11. El valor de esta variable para el acero inoxidable SA-240 grado 304 18Cr – 8Ni a la temperatura de diseño (133 °C o 271 °F) se calcula interpolando los valores correspondientes a 100 °F (20 ksi) y 300 °F (15 ksi) marcados en azul en la Tabla 4.11. (Sinnot, 2007)

Tabla 4.11. Esfuerzos máximos permisibles para placas según el código ASME BPV Sec. VIII D.1. (Sinnot, 2007)

Material	Grade	Min Tensile Strength (ksi)	Min Yield Strength (ksi)	Maximum Temperature (°F)	Maximum Allowable Stress at Temperature °F (ksi = 1000 psi)				
					100	300	500	700	900
Carbon steel	A285 Gr A	45	24	900	12.9	12.9	12.9	11.5	5.9
Killed carbon steel	A515 Gr 60	60	32	1000	17.1	17.1	17.1	14.3	5.9
Low alloy steel	A387 Gr 22	60	30	1200	17.1	16.6	16.6	16.6	13.6
1¼ Cr, ½ Mo, Si	410	65	30	1200	18.6	17.8	17.2	16.2	12.3
Stainless steel	13 Cr								
Stainless steel	304	75	30	1500	20.0	15.0	12.9	11.7	10.8
18 Cr, 8 Ni									
Stainless steel	347	75	30	1500	20.0	17.1	15.0	13.8	13.4
18 Cr, 10 Ni, Cb									
Stainless steel	321	75	30	1500	20.0	16.5	14.3	13.0	12.3
18 Cr, 10 Ni, Ti									
Stainless steel	316	75	30	1500	20.0	15.6	13.3	12.1	11.5
16 Cr, 12 Ni, 2 Mo									

La eficiencia de la unión soldada dependerá del tipo de soldadura y de la inspección realizada (examen radiográfico). Para el diseño del reactor R-101 se selecciona una eficiencia de soldadura de 1 con un grado de examen radiográfico completo para una unión a tope doblemente soldada, se requiere este tipo de inspección debido a que el recipiente está presurizado y es un punto importante para la seguridad de la instalación. El valor introducido se ha marcado en azul en la Tabla 4.12, esta presenta los valores típicos de eficiencias máximas permisibles de las distintas categorías de uniones soldadas. (Sinnot, 2007)

Tabla 4.12. Eficiencias máximas permisibles de las categorías de uniones soldadas. (Sinnot, 2007)

Joint Description	Joint Category	Degree of Radiographic Examination		
		Full	Spot	None
Double-welded butt joint or equivalent	A, B, C, D	1.0	0.85	0.70
Single-welded butt joint with backing strip	A, B, C, D	0.9	0.8	0.65
Single-welded butt joint without backing strip	A, B, C	NA	NA	0.60
Double full fillet lap joint	A, B, C	NA	NA	0.55
Single full fillet lap joint with plug welds	B, C	NA	NA	0.50
Single full fillet lap joint without plug welds	A, B	NA	NA	0.45

Una vez, reunidos los datos pertinentes se resuelven las ecuaciones [4.6] y [4.7], en la Tabla 4.13 se exponen los distintos datos y resultados para el espesor de la carcasa del reactor R-101.

Tabla 4.13. Datos y resultados para el espesor de la carcasa del reactor R-101. Elaboración propia.

P_i (lb/in ²)	114,00
$T_{\text{diseño}}$ (°F)	271,00
D_i (in)	144,00
S (lb/in ²)	15.725,00
E	1
t_{radial} (in)	0,52
$t_{\text{longitudinal}}$ (in)	0,26

Las variables recogidas en la Tabla 4.13 aparecen en unidades del USCS, ya que las ecuaciones del Código ASME BPV Sec. VIII Div. 1 para recipientes a presión emplean estas; en la Tabla 4.14 se presentan los espesores calculados para la carcasa en unidades del SI.

Tabla 4.14. Espesores de la carcasa del reactor R-101. Elaboración propia.

t_{radial} (mm)	13,32
$t_{\text{longitudinal}}$ (mm)	6,64

El espesor radial es el mayor y además por motivos de seguridad se debe considerar un sobreespesor por corrosión, el cual permita asumir un desgaste del material. De acuerdo a que las condiciones a las que se verá sometido el material no son severas, los fluidos ni son sucios ni corrosivos, se decide tener en cuenta un sobreespesor de 2 mm.

Por último, es necesario comprobar por medio de la Tabla 4.15 si el espesor obtenido para la pared de la carcasa del reactor R-101 es superior al espesor mínimo requerido (incluyendo corrosión) para un recipiente de diámetro entre 3,0 m y 3,5 m, su valor se resalta en azul en la Tabla 4.15 y es de 12 mm. Por lo tanto, como el resultado obtenido es superior, el espesor calculado ($t_{\text{corrosión}}$) es válido (Tabla 4.16). (Sinnot, 2007)

Tabla 4.15. Espesor mínimo de carcasa en función del diámetro interno del recipiente (incluyendo 2 mm por corrosión). (Sinnot, 2007)

Vessel diameter (m)	Minimum thickness (mm)
1	5
1 to 2	7
2 to 2.5	9
2.5 to 3.0	10
3.0 to 3.5	12

Tabla 4.16. Espesor, incluyendo corrosión, de la carcasa del reactor R-101. Elaboración propia.

$t_{\text{corrosión}}$ (mm)	15,32
-----------------------------	-------

4.7. Cabezales

Se procederá a la elección del cabezal más adecuado, además se realizarán los cálculos pertinentes para obtener sus espesores y dimensiones.

Se seleccionarán cabezales abombados (torisférico, elíptico o hemisférico) frente a los cabezales no abombados o planos, ya que estos últimos poseen un elevado espesor. En cuanto, a la elección entre los abombados deberá realizarse una decisión de compromiso entre el coste de construcción, su coste de unión a la carcasa y el coste asociado al espesor requerido en función de las condiciones de diseño.

Se evaluará escoger un cabezal torisférico o elíptico, ya que la presión de diseño (7,86 bar) no justifica el empleo de un cabezal hemisférico (altas presiones, por encima de 15 bar). El cabezal torisférico es el más fácil de fabricar y el más barato para presiones menores que 15 bar. El elíptico es el más común a presiones superiores a 15 bar y su espesor es igual al de la carcasa. Por lo tanto, el cabezal torisférico será más barato en fabricación, pero su unión a la carcasa supondrá costes adicionales a los del elíptico al poseer distintos espesores y el espesor del mismo será algo mayor. En consecuencia, se calcula el espesor del cabezal torisférico y elíptico a partir de las ecuaciones [4.8] y [4.9] respectivamente, los valores de las variables involucradas se recogen en la Tabla 4.17. (Sinnott, 2007) (Walas, 1990)

$$t_{\text{torisférico}} = \frac{0,885 P_i R_c}{SE - 0,1 P_i} \quad [4.8]$$

$$t_{\text{elíptico}} = \frac{P_i D_i}{2SE - 0,2 P_i} \quad [4.9]$$

Donde:

$t_{\text{torisférico}}$, espesor mínimo requerido del cabezal torisférico [in].

$t_{\text{elíptico}}$, espesor mínimo requerido del cabezal elíptico [in].

P_i , presión de diseño [lb/in²].

R_c , radio de la corona [in]. Se asume como un 70% del diámetro interno normalizado de la carcasa.

S , esfuerzo máximo permisible [lb/in²].

E, eficiencia máxima permisible de la unión soldada.

D_i , diámetro interno normalizado [in].

Tabla 4.17. Variables para el cálculo de los espesores de los cabezales. Elaboración propia.

P_i (lb/in ²)	114,00
D_i (in)	144,00
R_c (in)	100,80
S (lb/in ²)	15.725,00
E	1

Las variables recogidas en la Tabla 4.17 aparecen en unidades del USCS, ya que las ecuaciones del Código ASME BPV Sec. VIII Div. 1 para recipientes a presión emplean estas, en la Tabla 4.18 se recoge el espesor del cabezal torisférico y elíptico en unidades del SI. A su vez, se calculan los espesores de estos cabezales teniendo en cuenta la corrosión de forma análoga a como se hizo para la carcasa. En vista de los resultados, el espesor del cabezal torisférico solo es un poco mayor que el de la carcasa y que el del cabezal elíptico, se escoge el cabezal torisférico. En la Figura 4.4 puede verse el aspecto de un cabezal del tipo seleccionado.

Tabla 4.18. Espesores de los cabezales torisférico y elíptico. Elaboración propia.

$t_{\text{torisférico}}$ (mm)	16,44
$t_{\text{torisférico, corrosión}}$ (mm)	18,44
$t_{\text{elíptico}}$ (mm)	13,27
$t_{\text{elíptico, corrosión}}$ (mm)	15,27



Figura 4.4. Cabezal torisférico. (Slawinski, 2018)

Tanto el cabezal superior e inferior serían idénticos, ya que la presión de diseño se considera constante a lo largo del equipo.

A continuación, se dimensionará el cabezal torisférico por medio de la norma DIN 28011, de acuerdo a los fabricantes se recogen las ecuaciones correspondientes (ecuaciones [4.10], [4.11], [4.12], [4.13], [4.14] y [4.15]): (Slawinski, 2018)

$$d_a = D_i + 2t_{\text{torisférico, corrosión}} \quad [4.10]$$

$$r_1 = 0,7d_a \quad [4.11]$$

$$r_2 = 0,1d_a \quad [4.12]$$

$$h_1 = 3,5t_{\text{torisférico, corrosión}} \quad [4.13]$$

$$h_2 = 0,1935d_a - 0,455t_{\text{torisférico, corrosión}} \quad [4.14]$$

$$h_3 = h_1 + h_2 \quad [4.15]$$

Donde:

d_a , diámetro externo del cabezal [m].

D_i , diámetro interno normalizado [m].

$t_{\text{torisférico, corrosión}}$, espesor mínimo requerido cabezal torisférico incluyendo corrosión [m].

r_1 , radio de la corona [m]. Posee un valor análogo a R_c empleado en el cálculo del espesor del cabezal.

r_2 , radio de la curvatura externa del cabezal [m].

h_1 , altura de la parte vertical del cabezal [m].

h_2 , altura de la parte curva del cabezal [m].

h_3 , altura total del cabezal [m].

En la Tabla 4.19 se exponen las dimensiones del cabezal por la norma DIN 28011. Además, en la Figura 4.5 se presenta un esquema del cabezal acotado por las distintas dimensiones calculadas.

Tabla 4.19. Dimensiones del cabezal torisférico según norma DIN 28011. Elaboración propia.

d_a (m)	3,69
r_1 (m)	2,59
r_2 (m)	0,37
h_1 (m)	0,06
h_2 (m)	0,71
h_3 (m)	0,77

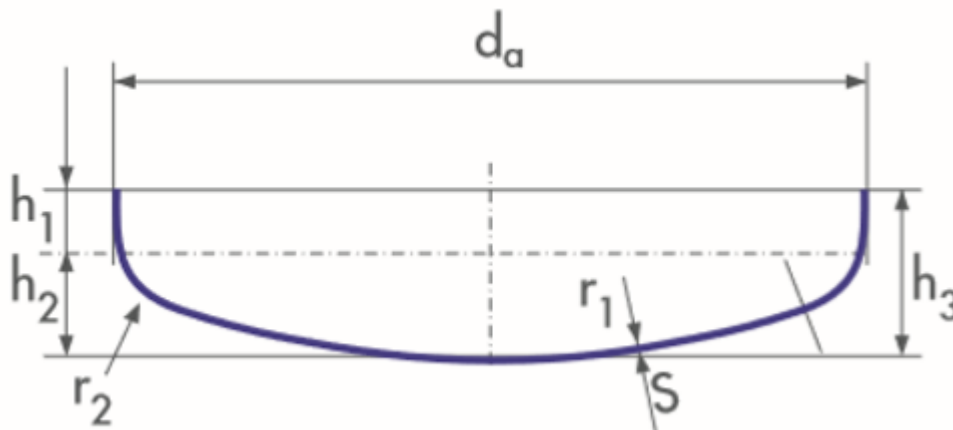


Figura 4.5. Cabezal torisférico de acuerdo a la norma DIN 28011. La S del esquema corresponde al espesor del cabezal incluyendo corrosión. (Slawinski, 2018)

A mayores, también se dimensiona de acuerdo a ASME el cabezal torisférico mediante las ecuaciones [4.16], [4.17] y [4.18]. (Sinnot, 2007)

$$\text{Volumen} = 0,08089D_i^3 \quad [4.16]$$

$$\text{Área} = 0,931d_a^2 \quad [4.17]$$

$$Altura = 0,169D_i \quad [4.18]$$

Donde:

Volumen, volumen del cabezal torisférico ASME [m³].

Área, área del cabezal torisférico ASME [m²].

Altura, altura del cabezal torisférico ASME [m].

D_i, diámetro interno normalizado [m].

d_a, diámetro externo del cabezal [m].

En la Tabla 4.20 se recogen las dimensiones del cabezal de acuerdo a ASME.

Tabla 4.20. Dimensiones del cabezal torisférico según ASME. Elaboración propia.

Volumen (m ³)	3,96
Área (m ²)	12,71
Altura (m)	0,62

Los dos cabezales antes dimensionados presentan diferencias en la geometría y sus dimensiones, aunque ambos sean de tipo torisférico cada estándar marca sus respectivas medidas; por lo tanto, existe una disparidad entre el valor de la altura total del cabezal por DIN 28011 (h₃) y el valor por ASME (Altura).

Por último, se calculará la altura total del equipo sumando la longitud total de la carcasa y la altura total de los dos cabezales torisféricos de acuerdo a la norma DIN 28011, ya que serán los cabezales empleados en la fabricación del equipo al ser aquellos de los que se conoce un mayor número de datos constructivos. Además, se conoce que el cabezal diseñado podría ser construido por el fabricante, ya que manufacturan cabezales torisféricos con diámetros desde 0,5 m hasta 5,4 m y espesores desde 3 mm hasta 30 mm. En la Tabla 4.21 se presenta la altura total del reactor R-101. (Slawinski, 2018)

Tabla 4.21. Altura total del reactor R-101. Elaboración propia.

Altura total (m)	18,68
------------------	-------

4.8. Cálculo de cargas

4.8.1. Cálculo de cargas para la carcasa

Los recipientes de proceso están sujetos a otras tensiones además de la presión interna, y deben estar preparados para poder soportar la peor combinación de tensiones sin presentar un fallo estructural. Debe suponerse un espesor inicial y a partir de él calcular si es capaz de soportar la máxima carga combinada que pudiera presentarse en equipo.

Cuando se analizan cargas combinadas deben calcularse tanto el máximo estrés a compresión como a tensión. El máximo estrés a compresión es diferente del máximo estrés a tensión y se determinan mediante el método recogido en el código ASME BPV en la sección VIII D.1 parte UG-23.

Las principales cargas que se van a considerar son la presión, el peso muerto del equipo y el viento. Para las ecuaciones se emplearán los datos del equipo presentados en la Tabla 4.22.

Tabla 4.22. Datos del reactor. Elaboración propia.

Variable	Valor
Presión diseño (bar)	7,86
Altura de la carcasa (m)	17,13
Altura total del equipo (m)	18,68
Diámetro interno (m)	3,66
Grosor (mm)	15,32
Diámetro externo (m)	3,69
Diámetro medio (m)	3,68

Las cargas longitudinal y circunferencial provocadas por la presión vienen dadas por las ecuaciones [4.19] y [4.20] respectivamente.

$$\sigma_L = \frac{PD_i}{4t} \quad [4.19]$$

$$\sigma_h = \frac{PD_i}{2t} \quad [4.20]$$

Dónde:

P: Presión interior del equipo

D_i : Diámetro interno del equipo

t : Espesor del equipo

Sustituyendo los valores en las ecuaciones [4.19] y [4.20] se obtienen las ecuaciones [4.21] y [4.22].

$$\sigma_L = \frac{786.000 \text{ Pa} \cdot 3,66 \text{ m}}{4 \cdot 0,01532 \text{ m}} = 46.944.516,97 \text{ N/m}^2 = 46,94 \text{ N/mm}^2 \quad [4.21]$$

$$\sigma_h = \frac{786.000 \text{ Pa} \cdot 3,66 \text{ m}}{2 \cdot 0,01532 \text{ m}} = 93.889.033,94 \text{ N/m}^2 = 93,89 \text{ N/mm}^2 \quad [4.22]$$

Para calcular el peso muerto del equipo se va a emplear la ecuación [4.23] considerando la densidad del acero como de 8.000 kg/m^3 .

$$W_v = C_w \pi \rho_m D_m g (H_v + 0,8 D_m) t \cdot 10^{-3} \quad [4.23]$$

Dónde:

W_v : Peso muerto del equipo

C_w : Coeficiente de peso de componentes internos.

ρ_m : densidad del material

D_m : Diámetro medio del recipiente

g : aceleración de la gravedad

H_v : altura de la carcasa

t : espesor de la carcasa.

El coeficiente de peso de los componentes internos varía entre 1,08 para los equipos con pocos componentes internos y 1,15 para los equipos con muchos componentes internos. En este caso se empleará el valor de 1,08.

Sustituyendo los datos de la Tabla 4.22, y empleando la densidad del acero como 8.000 kg/m^3 en la ecuación [4.23] se obtiene la ecuación [4.24].

$$W_v = 1,08 \cdot \pi \cdot 8.000 \text{ kg/m}^3 \cdot 3,68 \text{ m} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 (17,13 \text{ m} + 0,8 \cdot 3,68 \text{ m}) \cdot 15,32 \text{ mm} \cdot 10^{-3} = 300.911,97 \text{ N} \quad [4.24]$$

Una vez hallado el peso muerto del equipo puede calcularse mediante la ecuación [4.25] la carga que genera.

$$\sigma_w = \frac{W_T}{\pi(D_i + t)t} \quad [4.25]$$

$$\sigma_w = \frac{300.911,97 \text{ N}}{\pi \cdot (3.660 \text{ mm} + 15,32 \text{ mm}) \cdot 15,32 \text{ mm}} = 1,70 \text{ N/mm}^2 \quad [4.26]$$

Por último, se van a calcular las cargas debido al viento. Entre el 1 de noviembre de 1935 y el 18 de mayo de 2012 la mayor racha de viento registrada en la provincia de Cádiz fue de 146,16 km/h el 11 de octubre 2008 y la velocidad media más alta registrada fue de 92,16 km/h el 13 de noviembre de 1989. Por lo tanto, se tomará como velocidad máxima del viento 146,16 km/h a la hora de calcular la carga máxima que debe soportar el recipiente debido al viento. El momento flector originado por el viento puede verse en la Figura 4.6. (*Datosclima, 2018*)

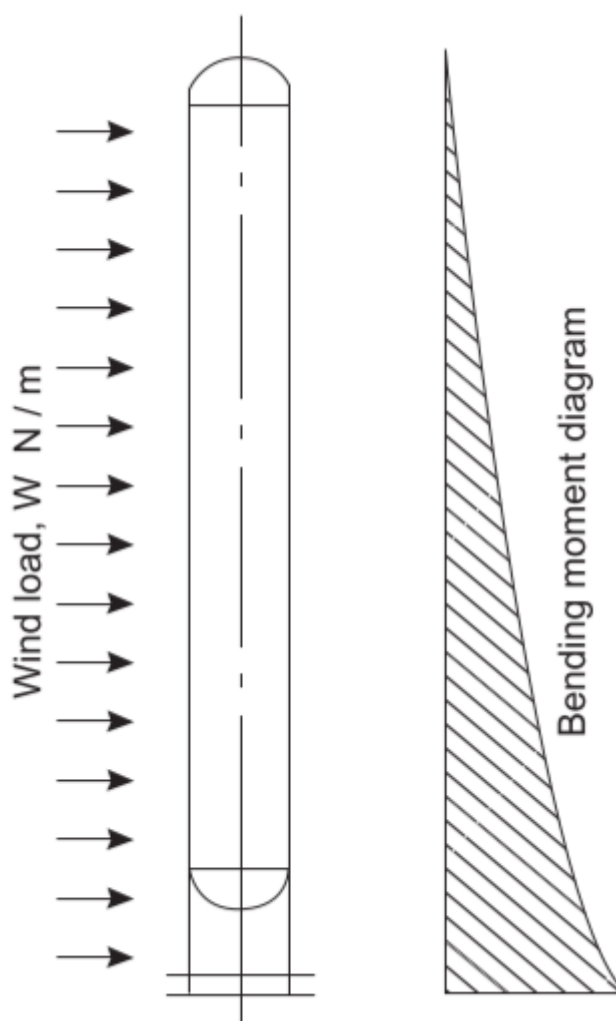


Figura 4.6. Momento flector provocado por el viento. (*Sinnott, 2007*)

Para calcular la presión que ejerce el viento se va a emplear la ecuación [4.27].

$$P_w = c \cdot u_w^2 \quad [4.27]$$

Donde:

P_w : Presión que ejerce el viento en N/m^2

c : Coeficiente que depende del número de accesorios acoplados a la torre

u_w : Velocidad máxima del viento en km/h .

El coeficiente c varía entre 0,05 y 0,07 dependiendo del número de accesorios que tenga acoplada la torre. En este caso se va a emplear 0,05 debido a que no tiene accesorios externos en la estructura que afecten a la carga aerodinámica de la torre.

$$P_w = 0,05 \cdot (146,16 \text{ km/h})^2 = 1.068,14 \text{ N/m}^2 \quad [4.28]$$

Con los resultados de la ecuación [4.28] puede calcularse la carga de viento por metro lineal mediante la ecuación [4.29].

$$F_w = P_w \cdot D_e \quad [4.29]$$

Donde:

F_w : Carga de viento por metro lineal.

P_w : Presión del viento.

D_e : Diámetro externo del recipiente.

$$F_w = 1.068,14 \text{ N/m}^2 \cdot 3,69 \text{ m} = 3.942,11 \text{ N/m} \quad [4.30]$$

Ahora se puede calcular el momento flector con respecto al viento mediante la ecuación [4.31].

$$M_x = \frac{F_w}{2} x^2 \quad [4.31]$$

Donde:

M_x : momento flector debido al viento

F_w : carga de viento por metro lineal

x : altura de la carcasa

$$M_x = \frac{3.942,11 \text{ N/m}}{2} \cdot (17,13 \text{ m})^2 = 578.280,29 \text{ N} \cdot \text{m} \quad [4.32]$$

Una vez calculado el momento flector provocado por el viento en la base del recipiente puede calcularse la tensión que genera mediante las ecuaciones [4.33] y [4.35].

$$I_v = \frac{\pi}{64}(D_e^4 - D_i^4) \quad [4.33]$$

$$I_v = \frac{\pi}{64}((3.690,64 \text{ mm})^4 - (3.660 \text{ mm})^4) = 2,99 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4 \quad [4.34]$$

$$\sigma_b = \pm \frac{M}{I_v} \left(\frac{D_i}{2} + t \right) \quad [4.35]$$

$$\sigma_b = \pm \frac{578.380,29 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 10^3}{2,99 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4} \left(\frac{3.660 \text{ mm}}{2} + 15,32 \text{ mm} \right) = \pm 3,57 \text{ N/mm} \quad [4.36]$$

Con todas las tensiones calculadas anteriormente puede calcularse la tensión longitudinal total a favor y en contra del viento mediante la ecuación [4.37].

$$\sigma_z = \sigma_L + \sigma_w \pm \sigma_b \quad [4.37]$$

A favor del viento:

$$\sigma_z = 46,94 \text{ N/mm}^2 - 1,70 \text{ N/mm}^2 + 3,57 \text{ N/mm}^2 = 48,82 \text{ N/mm}^2 \quad [4.38]$$

En contra del viento:

$$\sigma_z = 46,94 \text{ N/mm}^2 - 1,70 \text{ N/mm}^2 - 3,57 \text{ N/mm}^2 = 41,67 \text{ N/mm}^2 \quad [4.39]$$

Por último, se calcula la tensión total mediante la ecuación [4.40], que suma los efectos que se pueden ver en la Figura 4.7.

$$\sigma_T = \sigma_h - \sigma_z \quad [4.40]$$

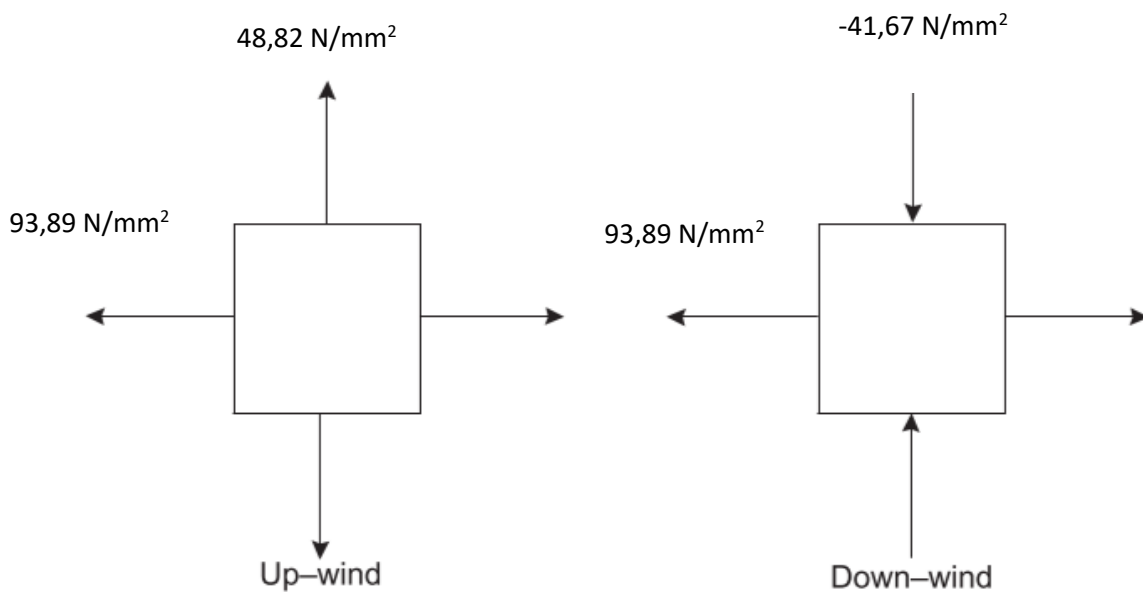


Figura 4.7. Suma de los esfuerzos sobre el recipiente. (Sinnott, 2007)

A favor del viento:

$$\sigma_T = 93,89 \text{ N/mm}^2 - 48,82 \text{ N/mm}^2 = 45,07 \text{ N/mm}^2 \quad [4.41]$$

En contra del viento:

$$\sigma_T = 93,89 \text{ N/mm}^2 - 41,67 \text{ N/mm}^2 = 52,22 \text{ N/mm}^2 \quad [4.42]$$

Estas tensiones son claramente inferiores a la resistencia del material que es de 515 N/mm².

Ahora se debe comprobar que las tensiones no superen la tensión crítica de pandeo, que se calcula mediante la ecuación [4.43].

$$\sigma_c = 2 \cdot 10^4 \left(\frac{t}{D_0} \right) \quad [4.43]$$

$$\sigma_c = 2 \cdot 10^4 \left(\frac{15,32 \text{ mm}}{3.690,64 \text{ mm}} \right) = 83,02 \text{ N/mm}^2 \quad [4.44]$$

Para que las tensiones no superen la tensión crítica debe cumplirse la ecuación [4.45].

$$\sigma_c > \sigma_w + \sigma_b \quad [4.45]$$

$$83,02 \text{ N/mm}^2 > 5,27 \text{ N/mm}^2 \quad [4.46]$$

4.8.2. Cálculo de cargas para el soporte

Para este recipiente se va a emplear un soporte tipo falda con las características de la Tabla 4.23.

Tabla 4.23. Datos del soporte del reactor. Elaboración propia.

Variable	Valor
Diámetro interno del soporte (m)	3,70
Espesor del soporte (mm)	15,32
Altura falda (m)	1,50
Angulo (°)	90

El grosor de la falda debe ser suficiente para soportar las cargas debido al peso y al momento flector que origina el recipiente. La Figura 4.8 muestra un esquema de como sería un soporte de tipo falda.

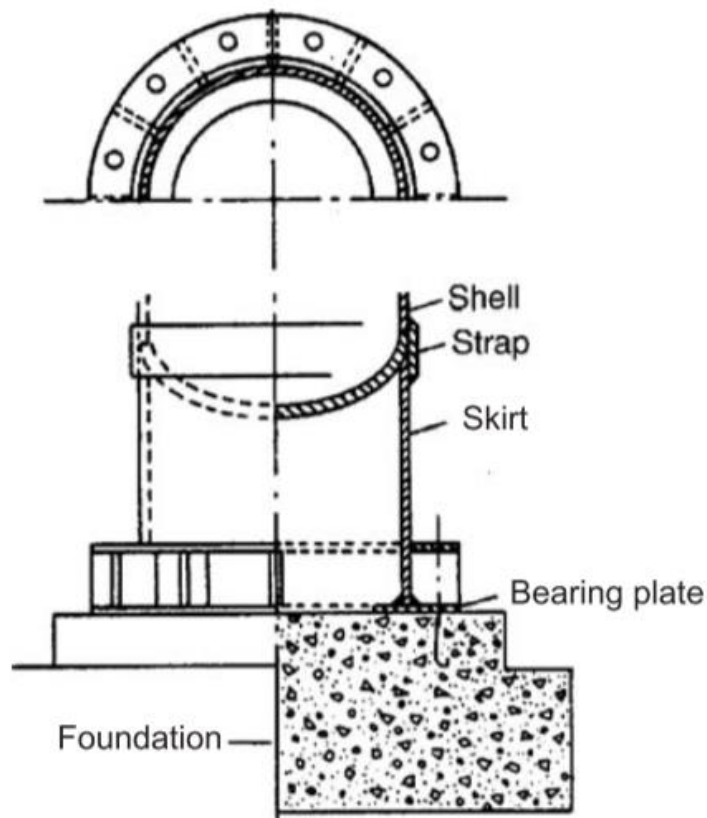


Figura 4.8. Esquema de un soporte de tipo falda. (Sinnott, 2007)

Las tensiones resultantes vienen determinadas por las ecuaciones [4.47] y [4.48]

$$\sigma_s(\text{compresión}) = \sigma_{bs} + \sigma_{ws} \quad [4.47]$$

$$\sigma_s(\text{tensión}) = \sigma_{bs} - \sigma_{ws} \quad [4.48]$$

Donde:

σ_{bs} : Tensión debida al momento flector en la falda

σ_{ws} : Tensión debida al peso del recipiente.

En este caso para calcular los esfuerzos debido al peso del equipo se va a sumar el peso muerto del equipo calculado en el apartado anterior el resultado de considerar que este está lleno de agua, para ello se empleará la ecuación [4.49].

$$W_A = \pi \cdot \left(\frac{D_i}{2}\right)^2 \cdot H_v \cdot \rho_A \cdot g \quad [4.49]$$

Dónde:

W_A : Peso del agua

D_i : Diámetro interno del recipiente

H_v : altura de la carcasa

ρ_A : densidad del agua

g : aceleración de la gravedad

$$W_A = \pi \cdot \left(\frac{3,66 \text{ m}}{2} \right)^2 \cdot 17,05 \text{ m} \cdot 1.000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 1.759.727,59 \text{ N} \quad [4.50]$$

En base a las ecuaciones [4.50] y [4.24] se obtiene la ecuación [4.51] para calcular el peso total del equipo.

$$W_T = W_v + W_A \quad [4.51]$$

$$W_T = 294.092,92 \text{ N} + 1.759.727,59 \text{ N} = 2.053.820,51 \text{ N} \quad [4.52]$$

Las tensiones debidas al peso se calculan mediante las ecuaciones [4.53] y [4.56].

$$\sigma_{bs} = \frac{4 \cdot M_s}{\pi(D_s + t_s)t_s D_s} \quad [4.53]$$

$$M_s = \frac{3942,11 \text{ N/m}}{2} \cdot (20,18 \text{ m})^2 = 802.677,49 \text{ N} \cdot \text{m} \quad [4.54]$$

$$\begin{aligned} \sigma_{bs} &= \frac{4 \cdot 802.677,49 \text{ N} \cdot \text{m}}{\pi \cdot (3,70 \text{ m} + 0,01532 \text{ m}) \cdot 0,01532 \text{ m} \cdot 3,70 \text{ m}} = 4.861.001,09 \text{ N/m}^2 \\ &= 4,86 \text{ N/mm}^2 \quad [4.55] \end{aligned}$$

$$\sigma_{ws} = \frac{W}{\pi(D_s + t_s)t_s} \quad [4.56]$$

$$\begin{aligned} \sigma_{ws} &= \frac{2.068.896,34 \text{ N}}{\pi \cdot (3,70 \text{ m} + 0,01532 \text{ m}) \cdot 0,01532 \text{ m}} = 11.579.737,83 \text{ N/m}^2 \\ &= 11,58 \text{ N/mm}^2 \quad [4.57] \end{aligned}$$

Por lo que la tensión quedaría como se puede ver en las ecuaciones [4.58] y [4.59].

$$\sigma_s(\text{compresión}) = 4,86 \text{ N/mm}^2 + 11,58 \text{ N/mm}^2 = 16,44 \text{ N/mm}^2 \quad [4.58]$$

$$\sigma_s(\text{tensión}) = 4,86 \text{ N/mm}^2 - 11,58 \text{ N/mm}^2 = -6,72 \text{ N/mm}^2 \quad [4.59]$$

Por último, debe comprobarse que la falda cumple los requisitos de resistencia mediante las ecuaciones [4.60] y [4.61].

$$\sigma_s(\text{tensión}) \leq S_s \cdot E \cdot \text{sen}(\theta_s) \quad [4.60]$$

$$\sigma_s(\text{compresión}) < 0,125 E_Y \left(\frac{t_s}{D_s} \right) \text{sen } \theta_s \quad [4.61]$$

Donde:

E: Eficiencia de la soldadura.

E_Y : Módulo de Young.

S_s : Resistencia del material.

En este caso, se considerará una eficiencia de soldadura de 0,85 y como material acero al carbono con una resistencia de 135 N/mm².

$$-6,72 \text{ N/mm}^2 \leq 135 \text{ N/mm}^2 \cdot 0,85 \cdot \text{sen}(90^\circ) \quad [4.62]$$

$$-6,72 \text{ N/mm}^2 \leq 114,75 \text{ N/mm}^2 \quad [4.63]$$

$$16,44 \text{ N/mm}^2 < 0,125 \cdot 193.742,68 \cdot \left(\frac{15,32 \text{ mm}}{3.700 \text{ mm}} \right) \cdot \text{sen}(90^\circ) \quad [4.64]$$

$$16,44 \text{ N/mm}^2 < 100,36 \text{ N/mm}^2 \quad [4.65]$$

Puede concluirse que la falda cumple ampliamente con los requisitos de tensión y podría emplearse un grosor menor, no obstante, se recomienda que la falda sea al menos del grosor del recipiente. (Sinnott, 2007)

5. BIBLIOGRAFÍA

ALTIOKKA, M.R., AKYALÇIN, S. *Kinetics of the Hydration of Ethylene Oxide in the Presence of Heterogeneous Catalyst*. 2009. DOI: 10.1021/ie901037w. Volumen 48, Número 24, Páginas 10840–10844

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. *Boiler and Pressure Vessel Code. Section VII. Division 1. Rules for Construction of Pressure Vessels*. 2010.

ASHBY, M. F. *Material Selection in Mechanical Design*. Reino Unido: Elsevier Butterworth Heinemann, Oxford, 3ª Edición, 2005. ISBN: 978-1-85617-663-7.

ATLAS STEELS AUSTRALIA. *Stainless Steel - Grade 304*. 2018.

CARBOTECNIA. Resina aniónica. [En línea] [Consultado: 29 Abril 2018] Disponible en: <https://www.carbotecnica.info/producto/medio-resina-anionica/>

COULSON, J. M. Y RICHARDSON, J. F. *Chemical Engineering. Volume 2. Particle Technology and Separation Processes*. Estados Unidos: Butterworth-Heinemann, 5ª Edición, 2002. ISBN: 0-7506-4445-1.

DATOSCLIMA. Datos AEMET Viento. [En línea] [Consultado: 29 Mayo 2018] Disponible en: <https://datosclima.es/Aemethistorico/Vientostad.php>

FOGLER, H. S. *Elementos de ingeniería de las reacciones químicas*. Estados Unidos: Pearson, 4ª Edición, 2008. ISBN: 978-970-26-1198-1.

FREIRE, M.S. *TEMA 5. DISEÑO DE RECIPIENTES DE PROCESO*. 2017

KOŁODYŃSKA, D. *Chelating Agents of a New Generation as an Alternative to Conventional Chelators for Heavy Metal Ions Removal from Different Waste Waters, Expanding Issues in Desalination*. Prof. Robert Y. Ning (Ed.). 2011. ISBN: 978-953-307-624-9

LEVENSPIEL, O. *Ingeniería de las reacciones químicas*. Estados Unidos: Wiley, 3ª Edición, 2004. ISBN: 968-18-5860-3.

PERRY, R. H., Y GREEN, D. W. *Perry's Chemicals Engineers' Handbook*. Estados Unidos: McGraw Hill, 7ª Edición, 1997. ISBN: 0-07-115448-5

ROHM AND HAAS COMPANY. *AMBERJET[®] 4200 Cl. Industrial Grade Strong Base Anion Exchanger*. 2000

SINNOTT, R. y TOWLER, G. *CHEMICAL ENGINEERING DESIGN. Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design*. 1ª Edición. Estados Unidos de América: Elsevier, 2007. ISBN 13: 978-0-7506-8423-1.

SLAWINSKI. *Torispherical head according to DIN 28011* [En línea]. [Consultado: 15 Mayo 2018]. Disponible en: <http://www.slawinski.co.uk/products/torispherical-heads/>

SULZER. *Comunicación personal*. 2018.

TURTON, R., BAILIE, R. C., WHITING, W. B., SHAEIWITIZ, J. A. Y BHATTACHARYYA, D. *Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes*. Estados Unidos: Prentice Hall, 4ª Edición, 2012. ISBN 13: 978-0-13-261812-0

UNITED STATES PATENT. *Process for the preparation of alkylene glycols*. Patent number: 5.488.184. 30 de enero de 1996.

WALAS, S. M. *Chemical Process Equipment. Selection and Design*. Estados Unidos: Butterworth-Heinemann, 1ª Edición, 1990. ISBN: 0-7506-9385-1

YANG, Z.J., REN, N., ZHANG, Y.H., TANG, Y. *Studies on mechanism for homogeneous catalytic hydration of ethylene oxide: Effects of pH window and esterification*. 2009. DOI: 10.1016/j.catcom.2009.11.020. Páginas 447–450

PARTE B. TORRE DE EXTRACCIÓN T-101

Planta de producción de etil-glicol (etano-1,2-diol) a partir de
óxido de etileno

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	SELECCIÓN DEL DISOLVENTE.....	4
2.1.	Introducción	4
2.2.	Tabla resumen aspectos valorados	4
2.3.	Aspectos de análisis	7
2.3.1.	Selectividad	7
2.3.2.	Solubilidad	8
2.3.3.	Recuperabilidad.....	10
2.3.4.	Reactividad química y estabilidad	10
2.3.5.	Corrosión	10
2.3.6.	Toxicidad	11
2.3.7.	Biodegradabilidad	11
2.3.8.	PBT/mPmb.....	11
2.3.9.	Punto flash.....	12
2.3.10.	Intervalo de inflamabilidad	12
2.3.11.	Temperatura de autoignición.....	12
2.4.	Datos de equilibrio de los diagramas ternarios	13
2.4.1.	Tabla resumen de los datos de equilibrio	13
2.4.2.	Datos de los equilibrios líquido-líquido.....	13
2.5.	Conclusión	25
2.6.	Propiedades del disolvente en las condiciones de operación	25
3.	SELECCIÓN DEL EQUIPO	27
3.1.	Tipos de equipo	27
3.1.1.	Mezclador-Sedimentador.....	29
3.1.2.	Torres de pulverización	29
3.1.3.	Torres con tabiques.....	29
3.1.4.	Torres de relleno	30

3.1.5.	Torres de placas perforadas	30
3.1.6.	Torres de platos.....	30
3.1.7.	Equipos de gravedad asistidos mecánicamente	30
3.1.8.	Extractores de pulsación	32
3.1.9.	Extractores centrífugos	32
3.2.	Criterios de selección del equipo	32
3.2.1.	Número de etapas.....	32
3.2.2.	Tensión interfacial	33
3.2.3.	Diferencia de densidades de los líquidos	33
3.2.4.	Altura de etapa.....	33
3.2.5.	Coste de los equipos	33
3.2.6.	Consumo de energía	34
3.3.	Conclusiones.....	34
4.	CÁLCULO DEL NÚMERO DE ETAPAS TEÓRICAS	34
5.	CÁLCULO DEL BALANCE DE MATERIA	38
6.	DIMENSIONADO DE LA TORRE DE EXTRACCIÓN	39
6.1.	Procedimiento de cálculo.....	39
6.2.	Caída de presión.....	47
6.3.	Validación del diseño	48
7.	DISEÑO MECÁNICO	49
7.1.	Introducción	49
7.2.	Definiciones.....	50
7.3.	Condiciones de operación y diseño.....	51
7.3.1.	Resumen de las condiciones de diseño.....	51
7.3.2.	Presión de diseño	52
7.3.3.	Temperatura de diseño	53
7.4.	Material	54
7.4.1.	Factores relevantes	54

7.4.2.	Selección sistemática	55
7.4.3.	Selector de material	61
7.4.4.	Composición y propiedades del material seleccionado	61
7.5.	Orientación.....	62
7.6.	Carcasa	63
7.7.	Cabezales.....	67
7.8.	Cálculo de cargas.....	72
7.8.1.	Introducción	72
7.8.2.	Cálculo de cargas para la carcasa	72
7.8.3.	Cálculo de cargas para el soporte	78
8.	BIBLIOGRAFÍA	82

1. INTRODUCCIÓN

La finalidad del presente Anexo es la de recoger todos aquellos cálculos, suposiciones y decisiones que han sido realizados para poder llevar a cabo el diseño de la torre de extracción.

2. SELECCIÓN DEL DISOLVENTE

2.1. Introducción

Los principios utilizados para la selección de un disolvente para un proceso de extracción líquido – líquido son diversos y a menudo es posible que entre en confrontación, siendo necesario alcanzar un compromiso entre ellos. Con el fin de llegar a tomar una decisión se presenta una valoración de los distintos aspectos de los disolventes a considerar en la Tabla 2.1, a su vez se examina la importancia relativa de unos factores respecto a otros.

2.2. Tabla resumen aspectos valorados

En la Tabla 2.1 puede verse un resumen de las propiedades significativas de los diferentes disolventes estudiados elaborada a partir de sus correspondientes fichas de seguridad.

Tabla 2.1. Resumen propiedades disolventes. Fuente: Elaboración propia a partir de fichas de seguridad e (Independent Chemical Information Service, 2018)

Compuesto	Punto Flash (°C) ^[1]	Temperatura de ebullición (°C) ^[1]	Intervalo de inflamabilidad (%) ^[1]	Temperatura de autoignición (°C)	Toxicidad	Estabilidad	Corrosividad	Costo (\$/gal)	Biodegradabilidad	PBT/mP mB	Calor latente a 95 °C y 1 atm (kJ/kmol) ^[1]
Tolueno	4,4	110,6	1,1 - 7,1	480	Media	Estable en condiciones normales	No	2,80-3,98	Fácilmente biodegradable	N.D.	33214,09
Benceno	-11	80,1	1,4 - 8,0	555	Alta	Estable en condiciones normales	No	3,45-4,48	Fácilmente biodegradable	N.D.	30849,84
Acetato de metilo	-13	56	3,1 - 16	455	Alta	Estable en condiciones normales	No	N.D.	Fácilmente biodegradable	N.D.	30150,50
1-butanol	35	119	1,4 - 11,3	355	Baja	Estable en condiciones normales	No	N.D.	Fácilmente biodegradable	N.D.	43144,13
2-butanona	-8	79	1,5 - 11,5	475	Baja	Reactividad en caso de exposición a la luz y en caso de exposición al aire	No	N.D.	Fácilmente biodegradable	N.D.	31348,75

Ciclohexanona	44	153	1,3 - 9,4	430	Baja	Estable en condiciones normales	Si	N.D.	Fácilmente biodegradable	N.D.	29967,96
Furfural	60	162	2 - 19	315	Media	Estable en condiciones normales	No	N.D.	Fácilmente biodegradable	N.D.	43992,64
1-hexanol	60	155	1,2 - 7,7	285	Baja	Estable en condiciones normales	No	6,02	Fácilmente biodegradable	N.D.	48758,54
1-pentanol	47	138	1,6 - 8	300	Baja	Estable en condiciones normales	No	N.D.	Fácilmente biodegradable	N.D.	44654,97
4-metil-2-pentanona	16	117,4	1,4 - 8	460	Baja	N.D.	No	N.D.	N.D.	N.D.	35620,74
Etil éster de ácido fórmico	-20	54	2,7 - 16,5	440	Baja	Estable en condiciones normales	No	N.D.	Fácilmente biodegradable	N.D.	32977,16

Notas:

1- Los colores son relativos y tienen fines meramente comparativos, no representan un valor absoluto.

2.3. Aspectos de análisis

Los factores estudiados pueden ser divididos en dos grandes grupos, aquellos que influyen en la transferencia de masa y los que condicionan la operabilidad del proceso. La selectividad, la capacidad, el coeficiente de distribución y la solubilidad del disolvente ejercen una gran influencia en el desarrollo de la operación de transferencia de masa. En cambio, la recuperabilidad, la estabilidad, las propiedades relativas a la seguridad, la corrosividad, la toxicidad, la biodegradabilidad, PBT / mPmB y el costo del disolvente afectan a la viabilidad de proceso. (Treybal, 1968)

2.3.1. Selectividad

La selectividad es la primera propiedad que se analiza normalmente para decidir la aplicabilidad de un disolvente. Esta propiedad se conoce como la capacidad de un disolvente para extraer un componente de una disolución con preferencia a otro, es decir, el mejor disolvente sería el que disolviese un máximo de una sustancia y un mínimo de la otra. (Treybal, 1968)

Este aspecto será evaluado en los diagramas ternarios elaborados a partir de los datos de equilibrios de cada disolvente con la mezcla etilenglicol – agua (recogidos en las Tablas 2.3 a 2.24), además estos diagramas junto a los esquemas realizados para evaluar las propiedades relacionadas con la transferencia de masa se reúnen en las Figuras 2.3 a 2.13. (Treybal, 1968)

En primer lugar, se sitúa el punto F que representa una solución de A (agua) y C (etilenglicol) que se requiere separar empleando B (disolvente empleado en cada caso). Además, al añadir B a la solución F aparece S que se refiere a la composición de la mezcla total de dos fases resultante, este punto se obtiene a partir del desarrollo clásico de un ejercicio de extracción (explicado en detalle en el apartado de cálculo de los platos de la torre de extracción). Tras haber alcanzado el equilibrio, resultan las dos capas insolubles E1 (extracto) y R1 (refinado) correspondientes a una sola etapa de equilibrio. (Treybal, 1968)

A continuación, dado que en extracción habitualmente se separa el disolvente de las dos soluciones anteriores para así retirar los componentes extraídos sin disolvente, se dibujarán en el diagrama ternario las soluciones binarias de E1 y R1 en ausencia de B; es decir, D y G respectivamente. (Treybal, 1968)

Por lo tanto, la solución de alimentación (F) se ha separado en dos soluciones binarias, D y G, siendo la primera más rica en etilenglicol y la segunda en agua. En consecuencia, se busca un disolvente capaz de distanciar D y G lo máximo posible, consiguiendo así que la operación posea máxima eficacia. De esta manera podrá ser evaluada la selectividad del disolvente, esto es, a mayor separación entre D y G el disolvente concreto será más selectivo para separar la mezcla de agua – etilenglicol. (Treybal, 1968)

El procedimiento antes descrito, junto a la apreciación de la distancia de las soluciones binarias D y G, ha sido recogido de manera sintética en la Figura 2.1. (Treybal, 1968)

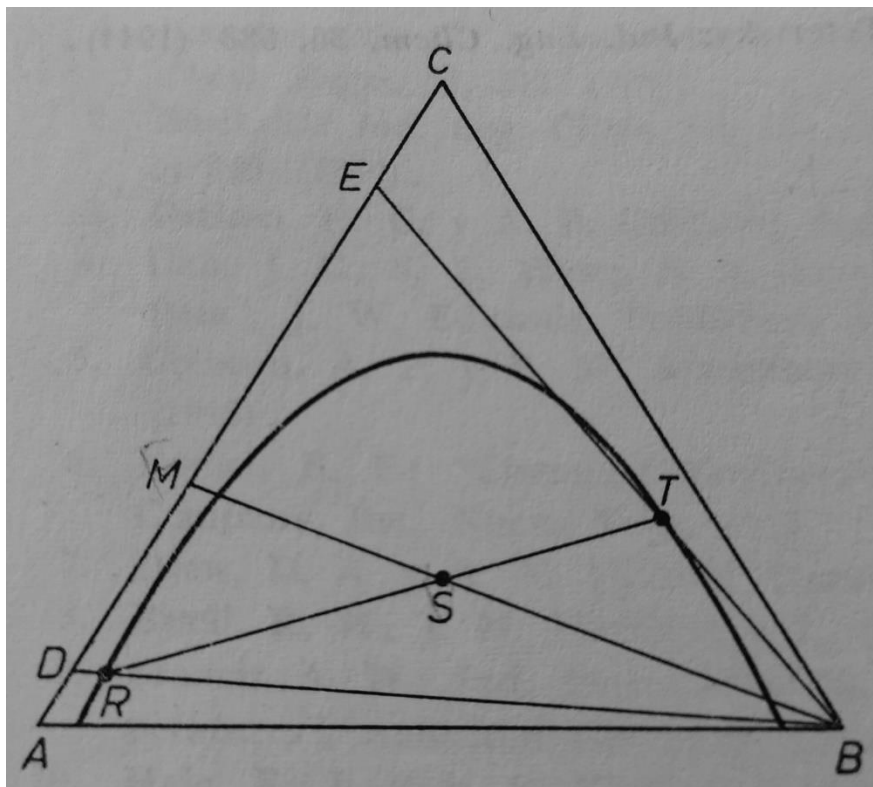


Figura 2.1. Extracción selectiva de C, de A por medio del disolvente C. (Treybal, 1968)

Existe otra manera más simple de evaluar la selectividad a partir de la dirección de la pendiente de las líneas de reparto, a mayor pendiente mayor separación entre D y G; por consiguiente, mayor selectividad. De hecho, este será el criterio utilizado para evaluar esta propiedad. (Treybal, 1968)

2.3.2. Solubilidad

En sistemas como la mezcla agua – etilenglicol se precisa de alto grado mutua insolubilidad entre el disolvente (B) y el componente de la solución de alimentación que no deberá disolverse en el

disolvente, es decir, el agua (A). Este fenómeno produce una alta selectividad hacia el compuesto de interés (etilenglicol, C). (Treybal, 1968)

A su vez, aumentaría el intervalo de concentraciones en el binario A – C de la corriente de alimentación (F) que pueden ser tratadas, hacia una mayor proporción de MEG respecto al agua. Puesto que, existiría un mayor intervalo de concentraciones en el que tras la adición de B a la solución F resultarían dos fases líquidas. (Treybal, 1968)

A mayor tamaño de la curva de inmiscibilidad se incrementará la proporción de etilenglicol que puede existir en la corriente de alimentación para que la separación de los componentes A y C sea posible empleando B. En la Figura 2.2 se presenta la diferencia de posibilidades planteada entre un sistema muy insoluble (a) y otro sistema con una solubilidad preferencial hacia el MEG menos elevada (b). (Treybal, 1968)

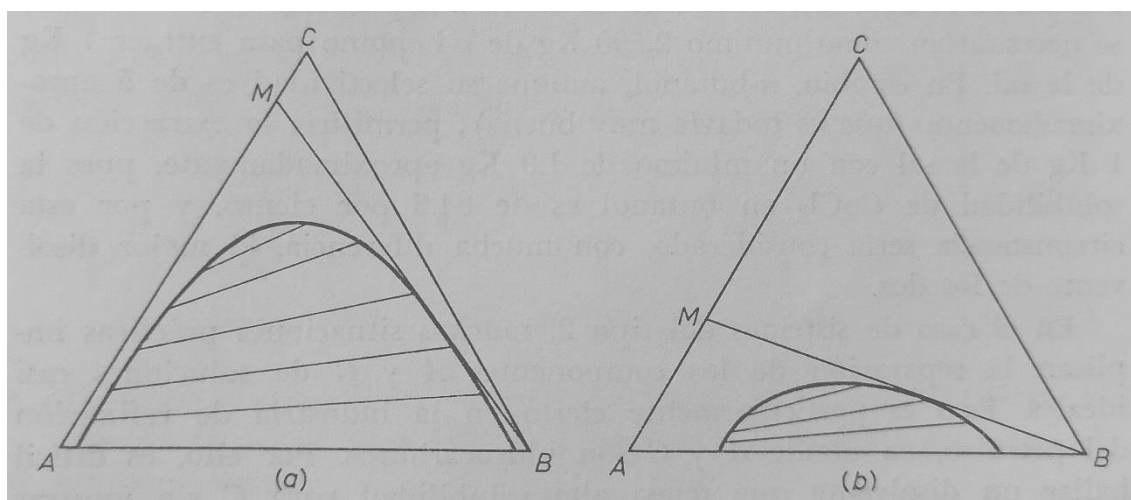


Figura 2.2. Estado de la solubilidad del disolvente sobre la extracción. (Treybal, 1968)

A mayores, la recuperación del disolvente en sistemas muy insolubles (a) es más simple, ya que, si la presencia de B en A es prácticamente nula, no será necesario tratamiento del producto rico en A para recuperar el disolvente. (Treybal, 1968)

Para valorar este aspecto de los distintos disolventes se estudiarán las respectivas curvas de inmiscibilidad de sus correspondientes diagramas ternarios (Figuras 2.3 a 2.13). (Treybal, 1968)

2.3.3. Recuperabilidad

En todos los procesos de extracción en fase líquida resulta fundamental separar los productos del disolvente empleado, tanto para evitar la contaminación de A o C con el disolvente y poder utilizar este último de nuevo. *(Treybal, 1968)*

En el ámbito de este proyecto se hará uso de la destilación para la recuperación del disolvente, por ello se vuelven importantes ciertas propiedades del disolvente como la volatilidad respecto al resto de sustancias involucradas (volatilidad relativa) y el calor latente de vaporización. *(Treybal, 1968)*

Es necesario que exista una cierta diferencia de volatilidades entre los distintos compuestos para que la separación posterior no requiera un excesivo número de etapas, este aspecto será analizado mediante las temperaturas de ebullición (Tabla 2.1). *(Treybal, 1968)*

Por último, cuanto menor sea el calor latente de vaporización (Tabla 2.1) menos cantidad de energía será necesaria aportar para vaporizar el disolvente en la destilación, requerimiento necesario para que esta tenga lugar. *(Treybal, 1968)*

2.3.4. Reactividad química y estabilidad

De partida son indeseables reacciones químicas entre el disolvente y los componentes de la solución a tratar, pues se reducirá el rendimiento del etilenglicol, aparecerán mayor número de dificultades para recuperar el disolvente, se degradará el disolvente conduciendo a la reducción de su capacidad de extracción y se producirán pérdidas en el mismo. Todos estos inconvenientes representan un importante costo de operación. *(Treybal, 1968)*

En consecuencia, se buscará un disolvente que sea estable en presencia de la disolución de alimentación. En la Tabla 2.1 se evalúa la reactividad química de cada disolvente, siendo estables todos ellos en las condiciones normales de operación; excepto la 2-butanona. *(Treybal, 1968)*

2.3.5. Corrosión

A fin de reducir el coste del equipo el disolvente no habrá de causar graves problemas de corrosión a los materiales de construcción comunes o de los que se usan habitualmente para manejar las disoluciones en el proceso de extracción o para introducir la solución de

alimentación en el extractor. La actual disponibilidad de materiales inusuales a bajo coste ha abierto, sin embargo, posibilidades que ni se hubieran discutido hace varios años. Así se han construido plantas comerciales de extracción completas de plástico o de metales revestidos de plástico, y se deberá pensar en la conveniencia de usar estos materiales si el valor del producto lo justifica.

En general deben evitarse los disolventes corrosivos ya que pueden incrementar considerablemente los costes de construcción de los equipos y la necesidad de mantenimiento de estos. *(Treybal, 1968)*

2.3.6. Toxicidad

Las sustancias de alta toxicidad son difíciles de manejar en la industria. A menos que se planteen artificios complicados de seguridad en planta, con inspección médica frecuente del personal, habrán de evitarse las sustancias más tóxicas. *(Treybal, 1968)*

2.3.7. Biodegradabilidad

La biodegradabilidad es la capacidad de un compuesto de ser metabolizado por microorganismos en su hábitat natural para convertirse en energía, biomasa, agua y dióxido de carbono o metano en un determinado período de tiempo, que generalmente suele ser de 6 meses. *(Künkel et col, 2016)*

En general es útil que los compuestos sean biodegradables para minimizar el impacto sobre el entorno en caso de una fuga o vertido accidental. *(Künkel et col, 2016)*

2.3.8. PBT/mPmb

Se denominan compuestos PBT aquellos que son persistentes, bioacumulativos o tóxicos y mPmB a aquellos que son muy persistentes o muy bioacumulativos. Se entiende por compuesto persistente aquel cuya semivida en el agua de mar es mayor a 60 días y 120 días en el suelo y muy persistente aquel cuya semivida es superior a 60 días en el agua de mar y 180 en el suelo. Por otra parte, se considera bioacumulable todo aquel compuesto cuyo factor de bioconcentración (BCF) es mayor a 2000 y muy bioacumulable si es mayor a 5000. Por último, se considera tóxico todo aquel compuesto que produzca ecotoxicidad crónica con valores de

exposición inferiores a 0,01mg/L o que pertenezcan a las categorías 1 y 2 de carcinogenicidad o mutagenicidad. *(Society of Environmental Toxicology and Chemistry, 2018)*

2.3.9. Punto flash

El punto flash de un líquido es la mínima temperatura a la cual se genera suficiente vapor para formar una mezcla inflamable. Aunque en el punto flash los vapores son suficientes para arder no lo harán de forma continuada, sino que solo lo harán brevemente ya que la cantidad es insuficiente para mantener una combustión continuada. En general el punto flash se incrementa con la presión. *(Crowld et col, 2011)*

2.3.10. Intervalo de inflamabilidad

Las mezclas entre un vapor y el aire solo arderán dentro de un intervalo especificado de temperaturas. Cuando la concentración es inferior a límite inferior de inflamabilidad la mezcla es demasiado pobre para la combustión, tampoco es posible la combustión cuando la mezcla es demasiado rica debido a la ausencia de oxígeno. En general, los límites superior e inferior de inflamabilidad se expresan como porcentaje en volumen. *(Crowld et col, 2011)*

Es conveniente que tanto el intervalo de inflamabilidad sea pequeño como que el límite inferior de inflamabilidad sea elevado. *(Crowld et col, 2011)*

2.3.11. Temperatura de autoignición

La temperatura de autoignición es una temperatura fija a la cual el entorno provee de suficiente energía para que el compuesto se inflame sin necesidad de una fuente de ignición adicional. *(Crowld et col, 2011)*

Los compuestos son más seguros cuanto mayor sea su temperatura de autoignición. *(Crowld et col, 2011)*

2.4. Datos de equilibrio de los diagramas ternarios

2.4.1. Tabla resumen de los datos de equilibrio

En la Tabla 2.2 puede verse un resumen de la selectividad y la solubilidad de los diferentes compuestos evaluados.

Tabla 2.2. Resumen selectividad y solubilidad de los compuestos. Elaboración propia a partir de Folas et col., 2006 y Sørensen et col., 1980.

	Selectividad^[1]	Solubilidad^[1]
Tolueno	Alta	Baja
Benceno	Alta	Baja
Acetato de metilo	Alta	Alta
1-Butanol	Baja	Baja
2-Butanona	Media	Baja
Ciclohexanona	Alta	Alta
Furfural	Alta	Alta
1-Hexanol	Alta	Media
1-Pentanol	Alta	Alta
4-Metil-2-Pentanona	Alta	Alta
Etil éster de ácido fórmico	Alta	Alta
Notas: 1- Los colores son relativos y tienen fines meramente comparativos, no representan un valor absoluto.		

2.4.2. Datos de los equilibrios líquido-líquido.

En este apartado se exponen los datos del equilibrio líquido-líquido de los diferentes disolventes con el MEG y el agua, estos datos se dan en porcentaje molar y en las figuras Class 1 corresponde al MEG, Class 2 al disolvente y Class 3 al agua.

Benceno

Tabla 2.3. Datos de la fase polar del equilibrio líquido-líquido del MEG-Benceno-Agua a 1 bar y 25°C. (Folas et col., 2006)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
16,615	0,162	83,223
23,125	0,202	76,673
30,397	0,285	69,318
39,270	0,416	60,314
70,065	1,575	28,360

Tabla 2.4. Datos de la fase apolar del equilibrio líquido-líquido del MEG-Benceno-Agua a 1 bar y 25°C. (Folas et col., 2006)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
0,033	99,704	0,263
0,046	99,714	0,240
0,060	99,723	0,217
0,078	99,732	0,190
0,143	99,761	0,096

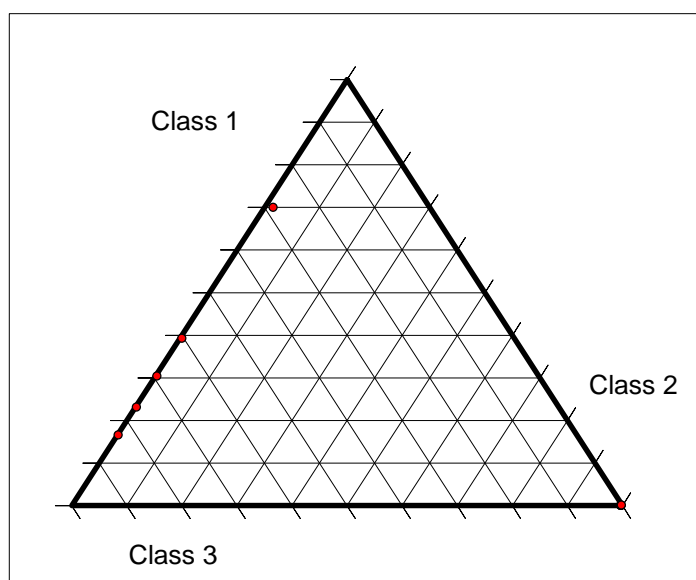


Figura 2.3. Representación de los datos de equilibrio líquido-líquido MEG-Benceno-Agua a 1 bar y 25°C. (Folas et col., 2006)

Tolueno

Tabla 2.5. Datos de la fase polar del equilibrio líquido-líquido del MEG-Tolueno-Agua a 1 bar y 25°C. (Folas et col., 2006)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
64,746	0,699	34,555
41,494	0,234	58,272
22,455	0,051	77,494
15,167	0,026	84,807

Tabla 2.6. Datos de la fase apolar equilibrio líquido-líquido del MEG- Tolueno-Agua a 1 bar y 25°C. (Folas et col., 2006)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
0,134	99,772	0,094
0,080	99,761	0,159
0,038	99,742	0,220
0,023	99,732	0,245

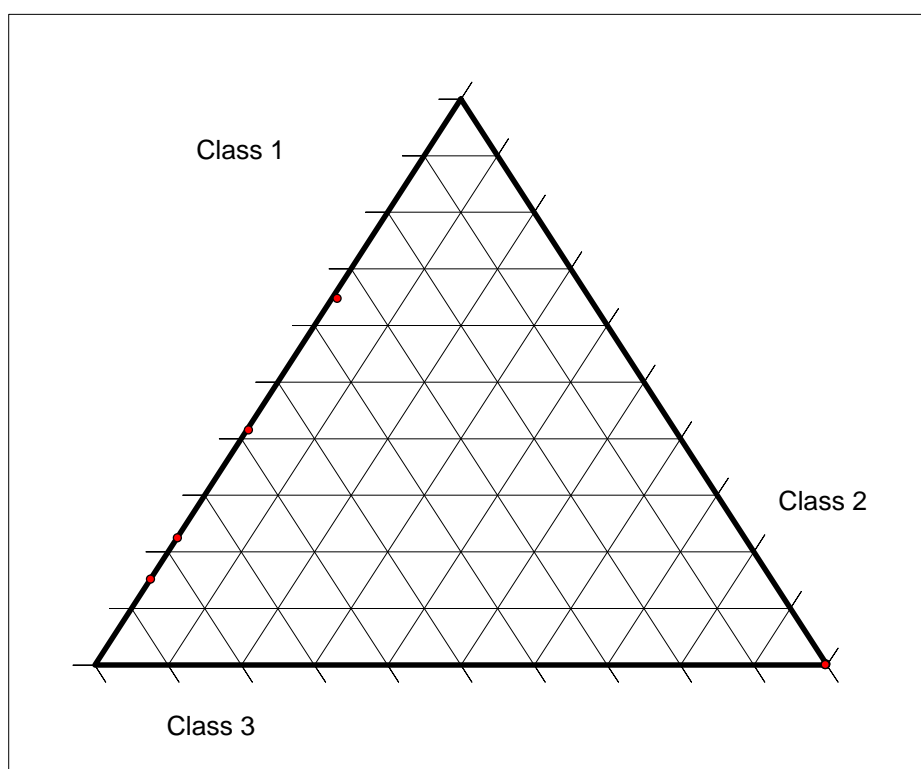


Figura 2.4. Representación de los datos de equilibrio líquido-líquido MEG- Tolueno-Agua a 1 bar y 25°C. (Folas et col., 2006)

Acetato de metilo

Tabla 2.7. Datos de la fase izquierda equilibrio líquido-líquido del MEG-Acetato de metilo-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
5,096	8,500	86,404
9,985	9,729	80,286
17,681	11,869	70,450
24,027	14,344	61,629
31,633	18,651	49,716
37,840	22,868	39,292

Tabla 2.8. Datos de la fase derecha del equilibrio líquido-líquido del MEG-Acetato de metilo-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
1,338	71,132	27,530
3,157	72,916	23,927
5,566	73,542	20,892
7,249	74,412	18,339
11,178	74,593	14,229
13,541	72,728	13,731

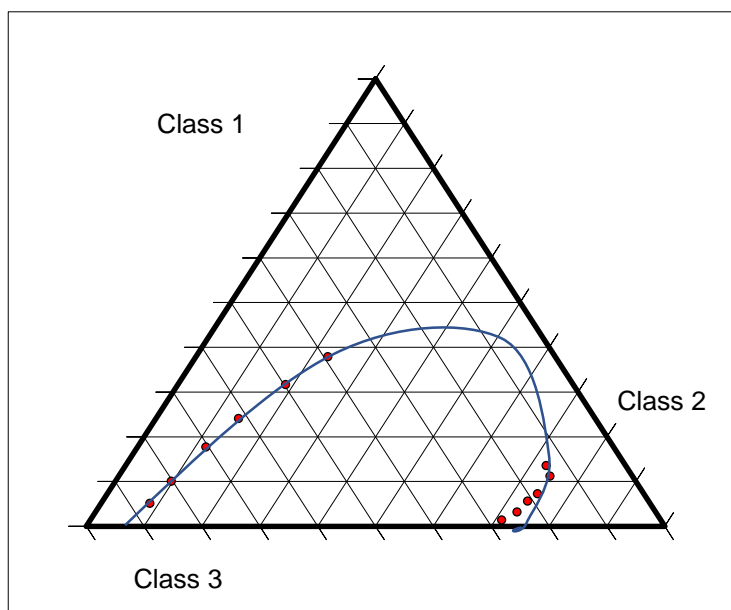


Figura 2.5. Representación de los datos de equilibrio líquido-líquido MEG-Acetato de metilo-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

1-Butanol

Tabla 2.9. Datos de la fase izquierda del equilibrio líquido-líquido del MEG-1-Butanol-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
2,787	1,977	95,236
4,246	2,133	93,621
5,414	2,281	92,305
6,544	2,529	90,927
7,793	2,829	89,378
8,587	3,181	88,232
10,064	3,998	85,938
11,073	5,424	83,503

Tabla 2.10. Datos de la fase derecha del equilibrio líquido-líquido del MEG-1-Butanol-Agua a 1 bar y 25°C. (Sørensen et col., 1980)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
2,531	45,898	51,571
3,303	44,74	51,957
4,527	42,589	52,884
6,041	39,089	54,87
6,874	36,328	56,798
7,946	33,708	58,346
9,068	29,955	60,977
10,244	24,609	65,147

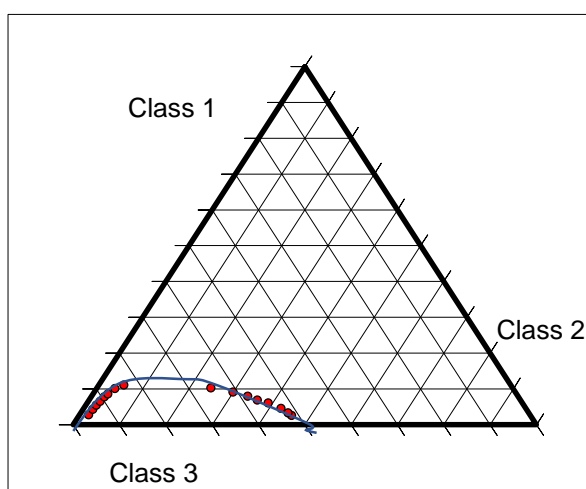


Figura 2.6. Representación de los datos de equilibrio líquido-líquido MEG-1-Butanol-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

2-Butanona

Tabla 2.11. Datos de la fase izquierda del equilibrio líquido-líquido del MEG-2-Butanona-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
3,551	6,691	89,758
5,204	7,019	87,777
8,184	7,942	83,874
10,674	9,033	80,293
13,295	10,743	75,962

Tabla 2.12. Datos de la fase derecha del equilibrio líquido-líquido del MEG-2-Butanona-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
0,435	66,258	33,307
1,475	65,042	33,483
3,281	63,098	33,621
4,878	60,916	34,206
6,461	58,974	34,565

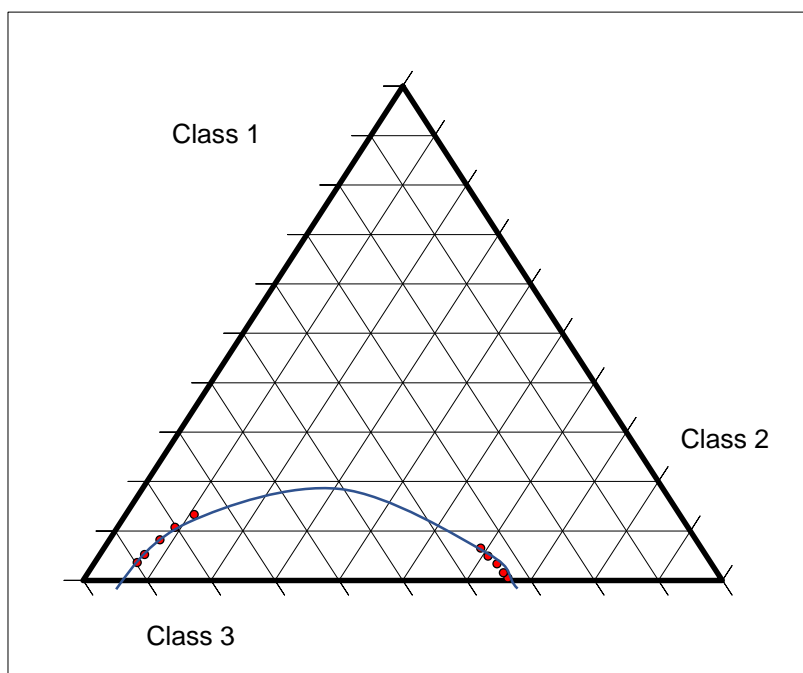


Figura 2.7. Representación de los datos de equilibrio líquido-líquido MEG-2-Butanona-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

Ciclohexanona

Tabla 2.13. Datos de la fase izquierda del equilibrio líquido-líquido del MEG-Ciclohexanona-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
5,132	1,922	92,946
10,628	2,449	86,923
15,385	3,206	81,409
20,988	4,965	74,047
27,122	8,278	64,6

Tabla 2.14. Datos de la fase derecha del equilibrio líquido-líquido del MEG-Ciclohexanona-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
1,523	67,404	31,073
3,984	64,781	31,235
5,985	62,692	31,323
9,019	59,444	31,537
12,978	55,571	31,451

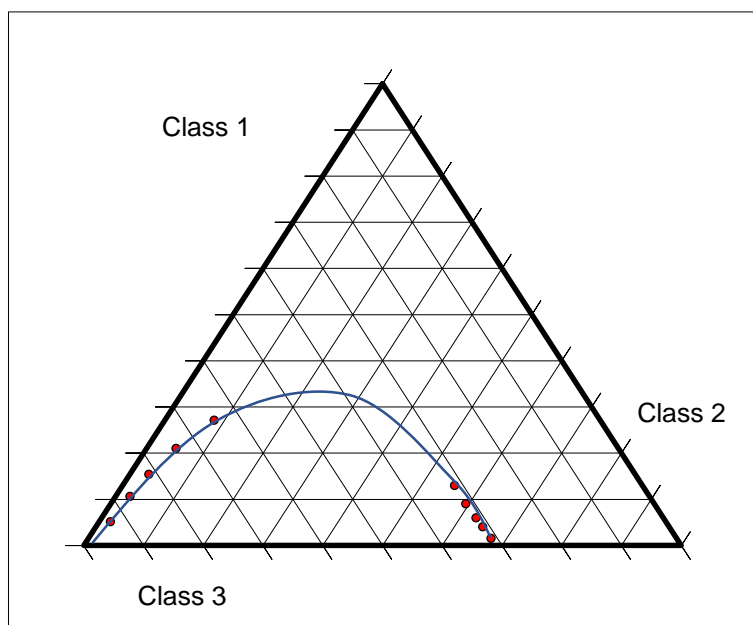


Figura 2.8. Representación de los datos de equilibrio líquido-líquido MEG-Ciclohexanona-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

Furfural

Tabla 2.15. Datos de la fase izquierda del equilibrio líquido-líquido del MEG-Furfural-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
2,400	1,707	95,893
4,992	1,860	93,148
8,214	2,111	89,675
11,65	2,511	85,839

Tabla 2.16. Datos de la fase derecha del equilibrio líquido-líquido del MEG-Furfural-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
2,907	75,757	21,336
6,065	73,953	19,982
7,701	72,943	19,356
9,696	71,562	18,742

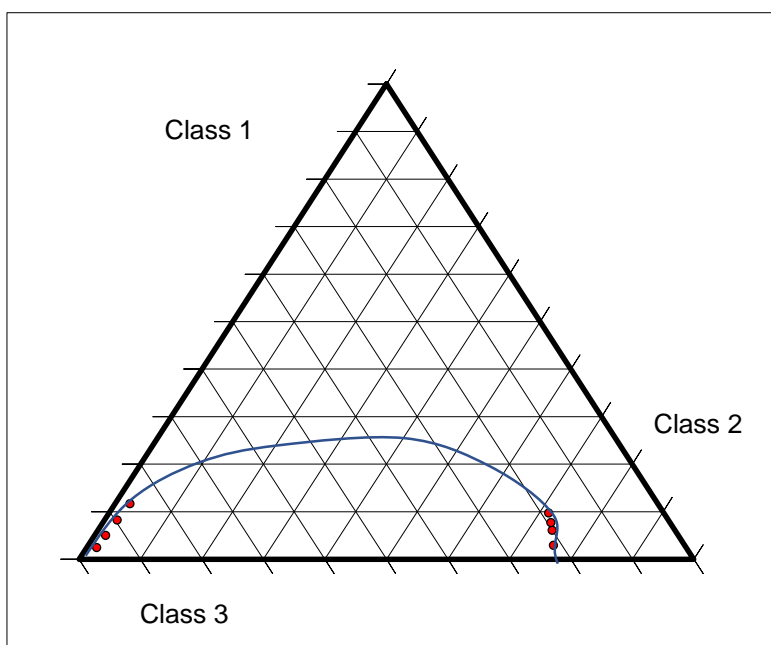


Figura 2.9. Representación de los datos de equilibrio líquido-líquido MEG-Furfural-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

1-Hexanol

Tabla 2.17. Datos de la fase izquierda del equilibrio líquido-líquido del MEG-1-Hexanol-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
7,238	0,104	92,658
10,898	0,134	88,968
16,344	0,174	83,482

Tabla 2.18. Datos de la fase derecha del equilibrio líquido-líquido del MEG-1-Hexanol-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
3,197	71,244	25,559
3,827	70,678	25,495
4,563	69,673	25,764

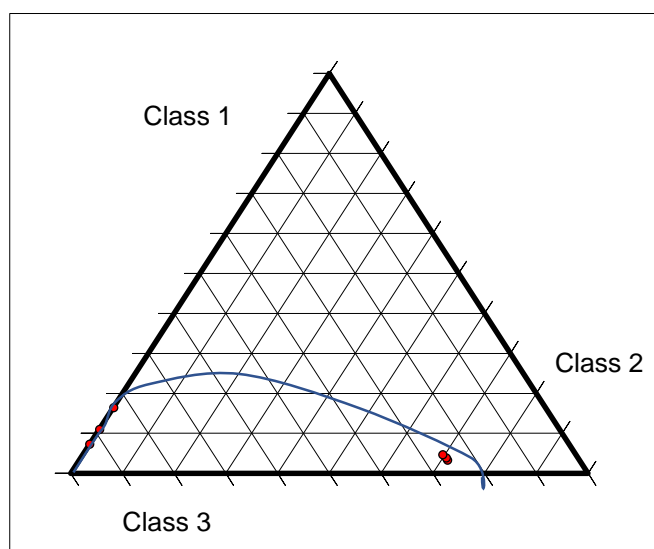


Figura 2.10. Representación de los datos de equilibrio líquido-líquido MEG-1-Hexanol-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

1-Pentanol

Tabla 2.19. Datos de la fase izquierda del equilibrio líquido-líquido del MEG-1-Pentanol-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
5,461	0,351	94,188
8,578	0,426	90,996
12,294	0,485	87,221
16,756	0,585	82,659
19,655	0,709	79,636
24,656	0,869	74,475
30,081	1,24	68,679

Tabla 2.20. Datos de la fase derecha del equilibrio líquido-líquido del MEG-1-Pentanol-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
1,986	65,594	32,420
3,814	63,153	33,033
5,908	60,751	33,341
8,149	58,229	33,622
9,510	56,015	34,475
13,610	49,992	36,398
16,527	45,193	38,280

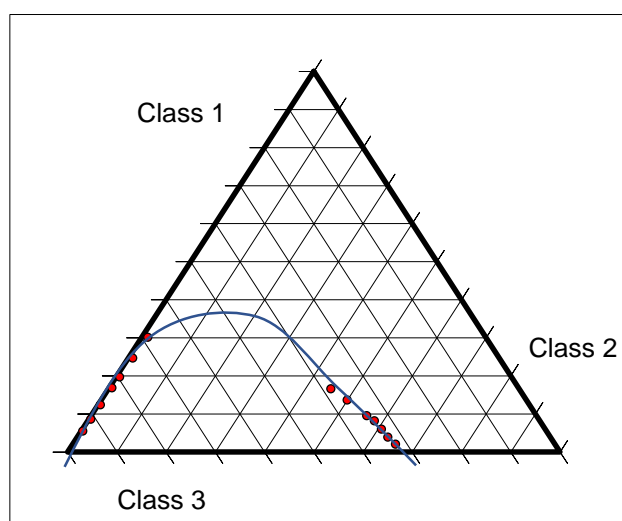


Figura 2.11. Representación de los datos de equilibrio líquido-líquido MEG-1-Pentanol-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

4-metil-2-pentanona

Tabla 2.21. Datos de la fase izquierda del equilibrio líquido-líquido del MEG-4-Metil-2-pentanona-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
6,228	0,292	93,480
13,893	0,510	85,597
28,580	0,736	70,684
42,682	1,430	55,888

Tabla 2.22. Datos de la fase derecha del equilibrio líquido-líquido del MEG-4-Metil-2-pentanona-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
0,722	89,069	10,209
2,046	87,382	10,572
3,400	87,942	8,658
5,960	90,354	3,686

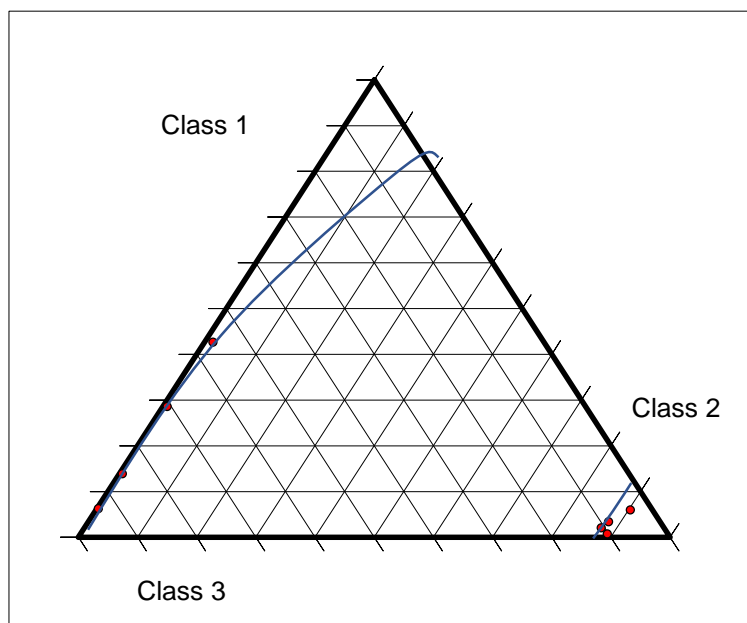


Figura 2.12. Representación de los datos de equilibrio líquido-líquido MEG-4-Metil-2-pentanona-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

Etil ester de ácido fórmico

Tabla 2.23. Datos de la fase izquierda del equilibrio líquido-líquido del MEG-Etil ester de ácido fórmico-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
6,407	2,685	90,908
11,424	3,159	85,417
18,612	3,622	77,766
26,614	4,39	68,996
44,846	7,289	47,865

Tabla 2.24. Datos de la fase derecha del equilibrio líquido-líquido del MEG- Etil ester de ácido fórmico-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

MEG (%)	Disolvente (%)	Agua (%)
1,258	87,999	10,743
2,788	89,143	8,069
5,409	88,379	6,212
8,398	86,91	4,692
12,849	84,779	2,372

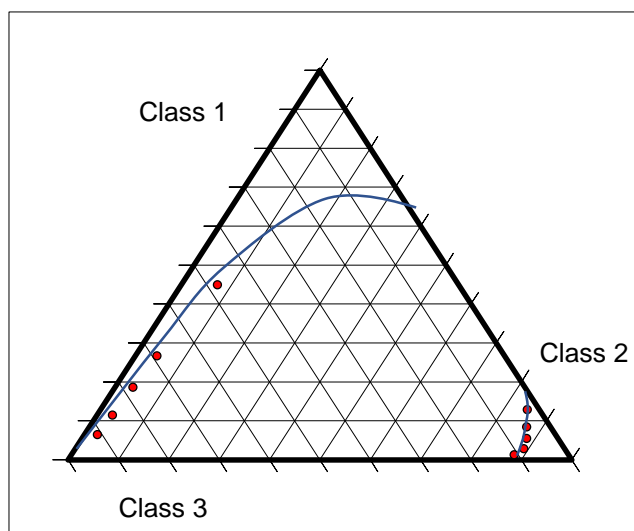


Figura 2.13. Representación de los datos de equilibrio líquido-líquido MEG-Etil ester de ácido fórmico-Agua a 1 bar y 30°C. (Sørensen et col., 1980)

2.5. Conclusión

En base a todos los puntos expuestos anteriormente se puede concluir que los tres mejores compuestos son el furfural, el 1-hexanol y el 1-pentanol. De estos tres se ha seleccionado el furfural debido a que, aunque es ligeramente más tóxico que los otros dos también tiene un límite inferior de inflamabilidad mayor y requiere menos energía para su posterior separación por destilación. Además de los tres equilibrios líquido-líquido con el etilenglicol y el agua, el más estudiado ha sido el del furfural, por lo que se disponen de más datos y estos son más fiables y precisos.

2.6. Propiedades del disolvente en las condiciones de operación

Las tablas del apartado 2.4 son comparativas para evaluar la solubilidad de los compuestos a las mismas condiciones de presión y temperatura, una vez seleccionado el disolvente se ha encontrado que a 25 °C y a 1 atmósfera las condiciones de separación son mejores. El equilibrio ternario que se va a emplear, expresado como porcentaje en masa, en la presente torre puede verse en las Tablas 2.25 y 2.26 y en la Figura 2.14

Tabla 2.25. Datos del equilibrio líquido-líquido entre MEG-Furfural-Agua. (Henley et col., 1981)

MEG (%)	Furfural (%)	Agua (%)
0	95	5,0
5,2	90,3	4,5
10,0	86,1	3,9
20,0	75,1	4,9
27,5	66,7	5,8
41,5	49,0	9,5
50,5	34,3	15,2
52,5	27,5	20,0
47,5	13,9	38,6
40,0	11,0	49,0
30,0	9,7	60,3
15,0	8,4	76,6
0,0	7,7	92,3

Tabla 2.26. Rectas de reparto del equilibrio líquido-líquido entre MEG-Furfural-Agua.
(Henley et col., 1981)

Glicol en agua (wt%)	Glicol en furfural (wt%)
49,1	49,1
32,1	48,8
11,5	41,8
7,7	28,9
6,1	21,9
4,8	14,3
2,3	7,3

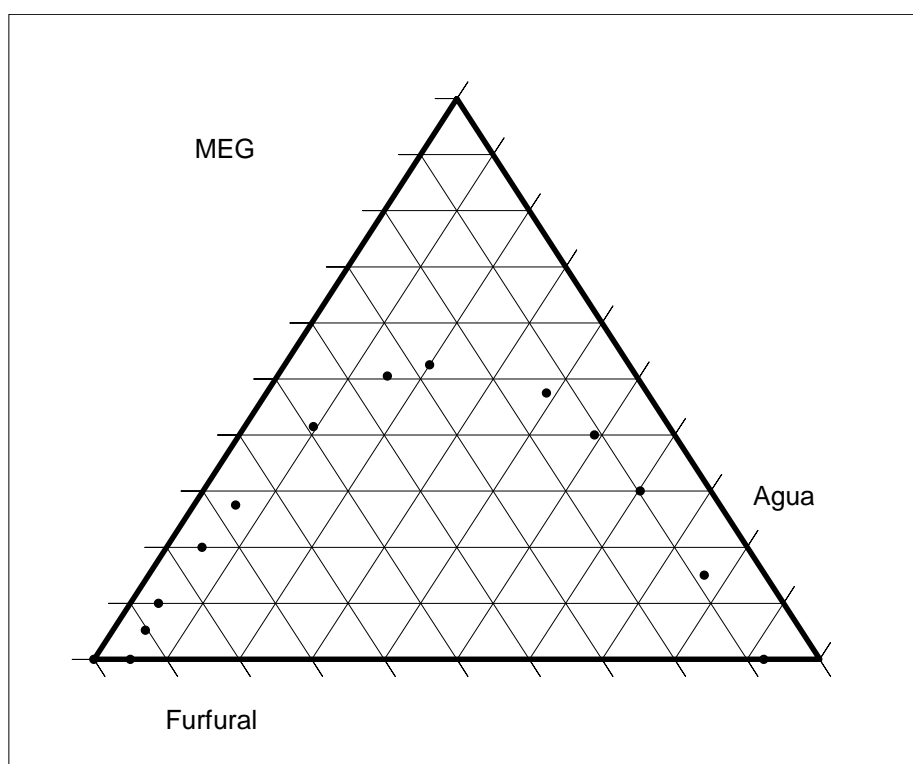


Figura 2.14. Equilibrio líquido-líquido MEG-Furfural-Agua. (Henley et col., 1981)

3. SELECCIÓN DEL EQUIPO

3.1. Tipos de equipo

Existen numerosos equipos para realizar extracciones líquido-líquido, que se pueden clasificar en dos grandes categorías:

- Extracción por etapas
 - Mezclador-sedimentador
- Extracción por contacto continuo diferencial
 - Torres de pulverización
 - Torres con tabiques
 - Torres de relleno
 - Torres de platos
 - Equipos de gravedad asistidos mecánicamente
 - Extractores anulares rotatorios
 - Extractores de disco rotatorio
 - Extractores Mixco
 - Extractores Scheibel
 - Extractores de pulsación
 - Extractores centrífugos

En la Tabla 3.1 puede verse un resumen de las principales ventajas y desventajas de cada uno de los tipos de equipos.

Tabla 3.1. Comparativa de los diferentes equipos de extracción. Elaboración propia a partir de Treybal, 1968 y Coulson et col., 2002.

Clase de equipo	Ventajas	Desventajas
Mezclador – sedimentador	<ul style="list-style-type: none"> - Buen contacto - Opera con amplias relaciones de flujo - Baja pérdida de carga - Elevada eficiencia - Cambio de escala fiable 	<ul style="list-style-type: none"> - Gran retención - Elevados costes energéticos - Inversión elevada - Gran espacio de suelo - Suele requerir bombeo
Torres de pulverización	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo coste inicial - Bajo coste de operación - Construcción sencilla 	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidades de extracción reducidas - Pocas unidades de transferencia por torre
Torres con tabiques	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo coste inicial - Bajo coste de operación - Construcción sencilla 	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidades de extracción bajas
Torres de relleno	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo coste inicial - Bajo coste de operación - Construcción sencilla - Versatilidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad limitada para pequeñas diferencias de densidad. - Alta pérdida de carga - Dispersión axial - HETP elevada
Torres de platos	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo coste inicial - Bajo coste de operación - Construcción sencilla - Versatilidad - Velocidades de extracción elevadas 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad limitada para pequeñas diferencias de densidad - Inundación, arrastre y goteo - Formación de suciedad por presencia de impurezas
Equipos de gravedad asistidos mecánicamente	<ul style="list-style-type: none"> - Opera con pequeñas diferencias de densidad entre las fases - Coste razonable - Posibilidad de muchas etapas - Cambio de escala relativamente fácil 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevados costes energéticos - Gran cantidad de componentes internos - No puede operar con sistemas emulsificantes - No operan con elevadas relaciones de flujo
Torres de pulsación	<ul style="list-style-type: none"> - HETP baja 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevados costes energéticos
Extractores centrífugos	<ul style="list-style-type: none"> - Opera con diferencias de densidad muy pequeñas entre las fases - Bajo volumen de retención - Corto tiempo de retención - Necesidad de poco espacio - Baja carga de disolvente 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado coste inicial - Elevado coste de mantenimiento - Número limitado de etapas en una sola unidad

3.1.1. Mezclador-Sedimentador

Este conjunto de equipos se divide en un mezclador y un sedimentador. En relación al mezclador, existen diversas configuraciones desde un solo tanque con agitador hasta una gran estructura horizontal o vertical compartimentada, la función de este equipo es provocar la mezcla de las fases para posteriormente ser sedimentada. Cabe destacar que la mezcla puede realizarse de formas diferentes, tanto por impacto en un mezclador de chorro, como por acción de cizalladura cuando ambas fases se alimentan simultáneamente en una bomba centrífuga, gracias a inyectores donde el flujo de un líquido es inducido por el otro, o bien por medio de orificios o boquillas de mezcla. Por otra parte, la sedimentación generalmente se realiza en tanques. *(Coulson et col., 2002)*

3.1.2. Torres de pulverización

Son los extractores más simples de todos los que suponen dispersión de uno de los líquidos y son meramente cascos vacíos provistos de medios para la introducción de los líquidos y para la salida de estos. Al no haber estructura interior en toda la parte activa de la torre (entre los distribuidores de líquidos), la fase continua tiene relativa libertad para circular de arriba abajo (mezcla axial) y ello conduce a velocidades de extracción reducidas, por destrucción de las diferencias de concentración en la verdadera contracorriente entre los líquidos. La situación se agrava por el aumento de la razón diámetro/longitud, de modo que con torres de solo unas cuantas unidades de diámetro es muy difícil obtener más que unas cuantas unidades de transferencia. La falta de una estructura interior hace que estas torres puedan adaptarse para el tratamiento de líquidos en suspensión. *(Treybal, 1968)*

3.1.3. Torres con tabiques

Las torres con tabiques son cascos cilíndricos que contienen tabiques o pantallas horizontales para dirigir el flujo de los líquidos.

La finalidad de los tabiques es principalmente reducir la circulación vertical a la cual está expuesta la torre vacía y procurar conseguir un tiempo de residencia algo más largo para la fase dispersa. La frecuente coalescencia y redispersión de uno de los líquidos también contribuye a una transferencia de masa más rápida. *(Treybal, 1968)*

3.1.4. Torres de relleno

En extracción líquido - líquido se utilizan las mismas clases de relleno que en absorción y destilación. Además, en las columnas de relleno resulta importante emplear un material que sea preferentemente mojado por la fase continua. En este tipo de equipos la dispersión axial es un problema importante y la altura teórica de plato es generalmente mayor que en las torres de platos y los mezcladores-sedimentadores. *(Coulson et col., 2002)*

3.1.5. Torres de placas perforadas

En la torre de placas perforadas se dispersa repetidamente uno de los líquidos y se hace coalescer, lo que causará su flujo por una serie de bandejas en las cuales se han hecho agujeros en gran número. La velocidad de extracción aumenta por la dispersión repetida, básicamente, una multiplicación de los efectos terminales, quizá la ventaja más importante que ofrece esta construcción esta eliminación de la retromezcla vertical. *(Treybal, 1968)*

3.1.6. Torres de platos

Entre las distintas torres de platos destacan las de platos perforados, la separación entre estos es considerablemente menor que en destilación. Cuando se opera con un régimen de flujo adecuado, las velocidades de extracción toman valores elevados; ya que las gotas de la fase dispersa coalescen y se vuelven a formar en cada etapa. Dicho aspecto favorece la destrucción de gradientes de concentración que pueden llegar a aparecer por el paso de las gotas sin perturbación a través de todo el equipo. Las columnas de platos perforados para extracción están sometidas a las mismas limitaciones que las columnas de destilación, es decir, inundación, arrastre y goteo. A su vez, de manera habitual se presentan otros problemas como la formación de suciedad por la presencia de pequeñas cantidades de impurezas. *(Coulson et col., 2002)*

3.1.7. Equipos de gravedad asistidos mecánicamente

Si las diferencias de densidad entre las dos fases líquidas son bajas, las fuerzas de la gravedad resultan insuficientes para una adecuada dispersión de las fases y creación de turbulencia. En estos casos, se utilizan los equipos de gravedad asistidos mecánicamente, en ellos se emplean agitadores rotatorios para crear zonas de mezcla que se alternan con zonas de sedimentación

en el interior de la columna. Entre los inconvenientes, cabe destacar la elevada velocidad de giro de los discos necesaria para la mezcla de las dos fases y la gran cantidad de componentes internos requeridos. *(Coulson et col., 2002)*

3.1.7.1. Extractores anulares rotatorios

Estos extractores cuentan con un cilindro exterior estacionario dentro del cual gira un cilindro concéntrico. El contacto líquido-líquido ocurre en el espacio anular entre los dos. Destaca por su sencillez y porque promete un corto tiempo de residencia por etapa. *(Treybal, 1968)*

3.1.7.2. Extractores de disco rotatorio

Este extractor consta de varios anillos estatores horizontales, tabiques en forma de anillo que dividen el extractor en varios pequeños compartimentos. Una serie de discos planos, dispuestos en un eje central en cada compartimento, giran para proporcionar agitación mecánica. El diámetro de los discos debe ser menor que el de las aberturas de los anillos del estator. Los extractores RDC se aplican extensamente en todos los procesos de extracción de la industria petrolera. *(Treybal, 1968)*

3.1.7.3. Extractores Mixco

Estos extractores constan de varios compartimentos formados por tabiques de anillo de estator, cada uno provisto de cuatro tabiques verticales y un impulsor de turbina de paletas planas colocado en el eje. En lo fundamental es una ampliación del recipiente con tabiques agitado simple. *(Treybal, 1968)*

3.1.7.4. Extractores Scheibel

De este tipo de extractores existen dos diseños, uno consta de compartimentos alternos agitados con impulsores situados en el centro, con los otros compartimentos llenos de una tela metálica de tejido abierto, el otro diseño, presenta tabiques de forma anular sujetos por tirantes dispuestos por encima y por debajo del impulsor. Estos tabiques forman compartimentos de poca profundidad junto con los anillos del estator. *(Treybal, 1968)*

3.1.8. Extractores de pulsación

En los extractores de pulsación se aplica al contenido líquido un movimiento alternativo de amplitud relativamente corta. La aplicación práctica de estos extractores está limitada porque, aunque consiguen reducir la altura necesaria el consumo de energía es relativamente alto. (Treybal, 1968)

3.1.9. Extractores centrífugos

Los extractores centrífugos se emplean cuando las separaciones presentan problemas de emulsificación (diferencias de densidades muy bajas) o cuando se requieren tiempos de residencia muy pequeños debido a un rápido deterioro del producto, se emplean los extractores centrífugos. Estos equipos desarrollan fuerzas centrífugas que son muy superiores a las fuerzas de la gravedad, en consecuencia, facilitan las separaciones en las situaciones antes expuestas. Generalmente, los extractores centrífugos sólo tienen una o dos etapas. (Coulson et col., 2002)

3.2. Criterios de selección del equipo

Para poder llevar a cabo la selección del equipo hay que tener en cuenta varios factores como el número de etapas, la tensión interfacial, la diferencia de densidades de los líquidos, altura de la etapa, coste de los equipos y el consumo de energía.

3.2.1. Número de etapas

En general, se recomiendan los siguientes equipos en función del número de etapas: (Wankat, 2012)

- 1 o 2 etapas: Mezclador-sedimentador
- 3 etapas: Mezclador-sedimentador, columna de platos, columna de relleno o equipos de contacto por membranas.
- 4 o 5 etapas: Columna de platos, columna de relleno o equipos de contacto por membranas.
- 5 o más etapas: Equipos que apliquen energía mecánica.

3.2.2. Tensión interfacial

La tensión interfacial es un factor que afecta principalmente a la altura equivalente de cada etapa teórica ya que cuanto mayor tensión interfacial exista mayor dificultad habrá para la transferencia de masa entre fases y mayor altura será necesaria. En caso de tensiones interfaciales elevadas son recomendables las columnas de platos, los equipos de gravedad asistidos mecánicamente o extractores centrífugos. *(Treybal, 1968)*

3.2.3. Diferencia de densidades de los líquidos

La diferencia de densidades es un factor que afecta principalmente a la separación entre fases. En el caso de pequeñas diferencias de densidad los mejores equipos son los mezcladores-sedimentadores, los equipos de gravedad asistidos mecánicamente y los extractores centrífugos, los primeros por su elevada eficiencia y el resto debido a que el aporte de energía mecánica favorece la separación entre fases. *(Treybal, 1968)*

3.2.4. Altura de etapa

La altura equivalente de etapa teórica es un factor que afecta al coste inicial del equipo ya que un equipo de mayor altura lleva implícito un mayor coste de construcción.

Los equipos con alturas de etapa más baja son las torres de pulsación y los equipos de gravedad asistidos mecánicamente, mientras que los equipos con altura de etapa más alta son las torres de pulverización y las torres con tabiques. *(Treybal, 1968)*

3.2.5. Coste de los equipos

Cuanto más sencillo sea un equipo, es decir, tenga un menor número de componentes internos y un menor número de partes móviles tendrá unos costes menores de construcción y mantenimiento. Los equipos de menor coste de fabricación son las torres de pulverización, las torres de tabiques, las torres de relleno y las torres de platos. *(Treybal, 1968)*

3.2.6. Consumo de energía

El consumo de energía es uno de los principales costes de operación de un equipo. Los equipos con un mayor consumo de energía son los mezcladores-sedimentadores, los extractores centrífugos, las torres de pulsación y los extractores de gravedad asistidos mecánicamente. (Treybal, 1968)

3.3. Conclusiones

Debido al número de etapas podrían emplearse columnas de platos, columnas de relleno o equipos que apliquen energía mecánica. Debido a los costes energéticos y existiendo la posibilidad de emplear equipos que no requieran energía mecánica se van a descartar aquellos que sí la requieran, quedando las columnas de platos y las de relleno.

Ambos tipos de columnas poseen un bajo coste inicial, un bajo coste de operación, son de construcción sencilla y son versátiles. Por otro lado, tanto las columnas de platos como las de relleno tienen capacidad limitada para pequeñas diferencias de densidad y las columnas de relleno proporcionan alturas equivalentes para etapas teóricas para tensiones superficiales elevadas.

En este caso, la diferencia de densidades entre el agua y el furfural es pequeña pero lo suficientemente grande para permitir el empleo de ambos tipos de torre y la tensión superficial es algo elevada para una torre de relleno lo que lleva a que las alturas de etapa teórica sean un 30% más elevadas de los valores habituales. Debido a que ambos diseños son válidos y a una mayor facilidad de cálculo para las torres de relleno con los datos disponibles, se va a emplear una torre de relleno. Una vez realizado el diseño deberá comprobarse mediante heurísticas que sea válido.

4. CÁLCULO DEL NÚMERO DE ETAPAS TEÓRICAS

La extracción es un proceso donde uno o más solutos son retirados de un líquido transfiriendo el soluto a una segunda fase líquida. Esta segunda fase líquida, el disolvente, es un agente de masa que debe ser recuperado después. Las dos fases líquidas deben ser inmiscibles o parcialmente inmiscibles, ya que la separación se basa en las diferentes solubilidades del soluto

en las dos fases. Como la extracción no requiere vaporización puede hacerse a baja temperatura. (Wankat, 2012)

Las mezclas ternarias pueden sufrir una separación de fases donde cada una tiene una composición distinta de los distintos componentes. Por definición, el extracto es la fase que contiene el disolvente y el soluto extraído y el refinado es la fase líquida que contiene el portador en la alimentación y la porción de soluto no extraída. (Wankat, 2012)

En los equilibrios líquido-líquido ternarios los componentes A y B son parcialmente solubles entre si mientras que el componente C se distribuye entre el extracto y el refinado. Ambas fases contienen todos los componentes presentes en la alimentación y el disolvente. (Wankat, 2012)

El balance de materia del componente B puede definirse mediante la ecuación [4.1]. (Wankat, 2012)

$$X_B^{(F)} \cdot F_A = X_B^{(E)} \cdot S + X_B^{(R)} \cdot F_A \quad [4.1]$$

Dónde F_A es la alimentación del portador A, S el flujo másico del disolvente C y X_B el ratio de masa del soluto B con respecto a la masa del otro componente. (Wankat, 2012)

La forma más simple de representar los datos de equilibrio líquido-líquido es mediante un diagrama triangular donde cada punto representa una composición distinta y el límite de solubilidad viene dado por la curva de miscibilidad. Las composiciones en equilibrio se representan mediante rectas de reparto y el punto donde las composiciones del extracto y el refinado y el punto donde el extracto y el refinado tienen la misma composición se denomina punto de pliegue y en él las dos fases se convierten en una. (Wankat, 2012)

Para resolver un problema de extracción, lo primero es localizar sobre el gráfico triangular los puntos de la alimentación y el disolvente y definir el punto M, el punto de mezcla, mediante la ecuación [4.2]. (Wankat, 2012)

$$M = F + S = E + R \quad [4.2]$$

Aplicando la regla de la palanca al diagrama, se obtiene el balance de materia del disolvente de la ecuación [4.3]. (Wankat, 2012)

$$(F + S) \cdot w_C^{(M)} = F \cdot w_C^{(F)} + S \cdot w_C^{(S)} \quad [4.3]$$

$$\frac{F}{S} = \frac{w_C^{(S)} - w_C^{(M)}}{w_C^{(M)} - w_C^{(F)}} \quad [4.4]$$

Los puntos S, M y F están situados en una línea recta y por la regla de la palanca como se puede ver en la ecuación [4.5]. (Wankat, 2012)

$$\frac{F}{S} = \frac{SM}{MF} \quad [4.5]$$

Como el punto M está situado en la región bifásica, la mezcla se separará mediante una recta de reparto en el extracto (punto E) y el refinado (punto R). (Wankat, 2012)

Para definir el punto S se supondrá una composición pura de furfural y para definir el punto F se empleará la relación en masa entre el MEG y el agua, siendo esta calculada en la ecuación [4.6].

$$x_{MEG} = \frac{kg \text{ MEG}}{kg \text{ MEG} + kg \text{ Agua}} = \frac{96.931,91 \text{ kg/h}}{96.931,91 \text{ kg/h} + 130.704,63 \text{ kg/h}} = 0,426 \quad [4.6]$$

Las posiciones tanto de S como de F se pueden ver en la Figura 4.1. (Wankat, 2012)

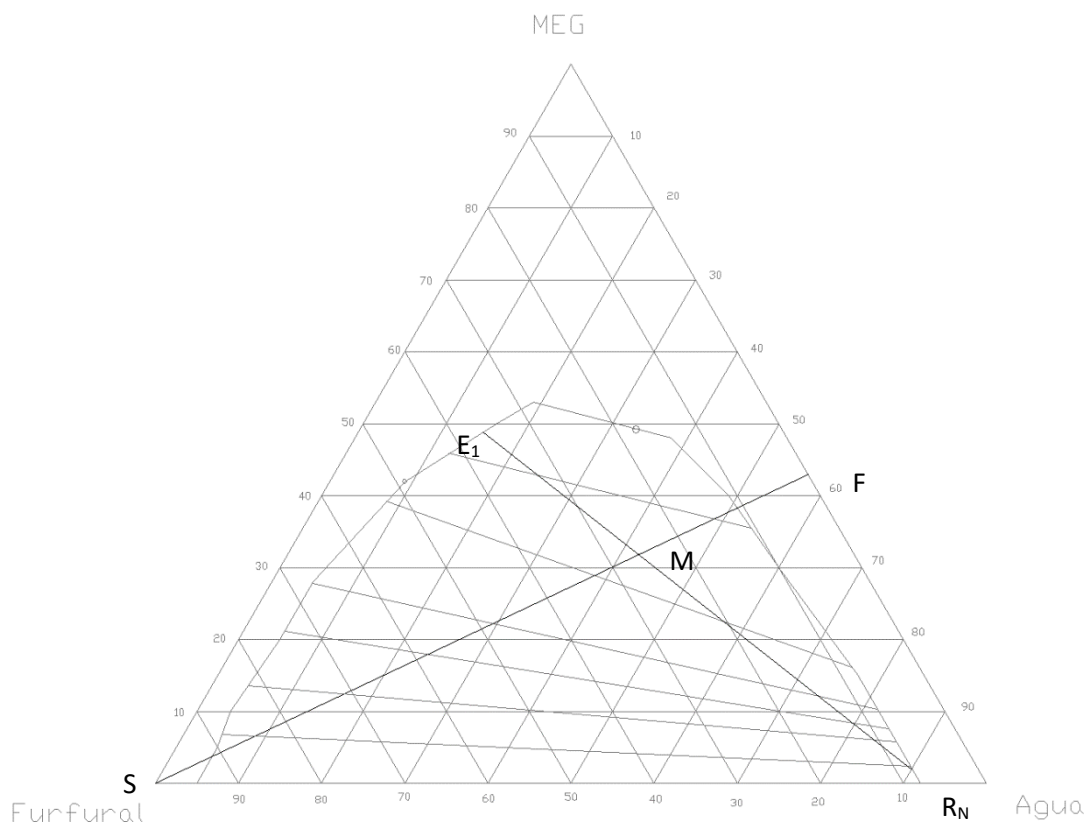


Figura 4.1. Diagrama triangular del ELL MEG-Agua-Furfural. (Henley et col., 1981)

A partir de estos puntos y empleando el método de Sherwood para interpolar las rectas de reparto se obtiene la Figura 4.2. A partir de esta figura se puede concluir que para llevar a cabo este equilibrio son necesarias 5 etapas teóricas como se puede ver en la Figura 4.2.

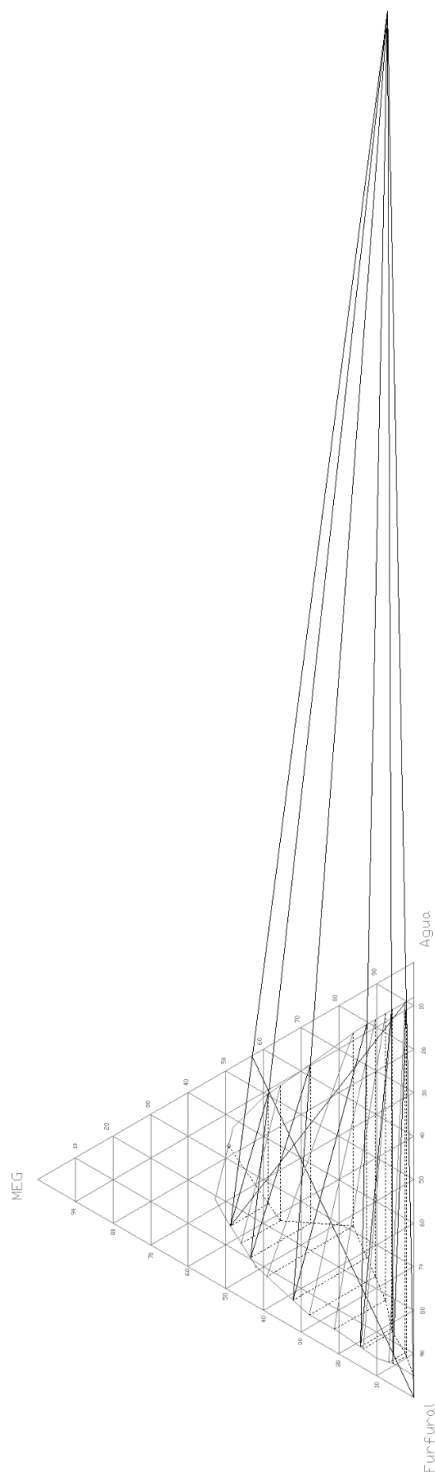


Figura 4.2. Cálculo del número de etapas teóricas. Elaboración propia a partir de Henley et col., 1981.¹

¹ Nota: La figura aparece ampliada al final de esta parte del anexo.

5. CÁLCULO DEL BALANCE DE MATERIA

Una vez calculado el número de etapas teóricas se realiza el balance de materia en la columna a partir de los datos de concentraciones de la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Concentración de los compuestos en los diferentes puntos del diagrama. Elaboración propia.

	F	S	E ₁	R _N	M
MEG (% en masa)	0,43	0,00	0,49	0,02	0,31
Agua (% en masa)	0,57	0,00	0,15	0,89	0,43
Furfural (% en masa)	0,00	1,00	0,36	0,09	0,26

Resolviendo un balance de materia con respecto al MEG empleando la ecuación [5.1], se obtiene la ecuación [5.2].

$$M \cdot (0,315) = 227.636,54 \text{ kg/h} \cdot (0,426) \quad [5.1]$$

$$M = 307.851,48 \text{ kg/h} \quad [5.2]$$

Resolviendo otro balance para el furfural con la ecuación [5.3], se obtiene la ecuación [5.4] que permite calcular la cantidad de disolvente necesario.

$$F - M = S \quad [5.3]$$

$$307.851,48 \text{ kg/h} - 227.636,54 \text{ kg/h} = 80.214,94 \text{ kg/h} \quad [5.4]$$

Por último, tenemos la ecuación [5.5], donde se aplica la regla de la palanca inversa para hallar la cantidad de extracto obtenido.

$$307.851,48 \text{ kg/h} = E_1 + R_N \quad [5.5]$$

$$\frac{E_1}{M} = \frac{47,85}{27,92 + 47,85} = 0,631 \quad [5.6]$$

$$E_1 = 194.371,85 \text{ kg/h} \quad [5.7]$$

A parte de los componentes aquí mostrados a la columna también entran pequeñas cantidades de óxido de etileno, DEG y TEG. Se va a suponer que estos compuestos no afectan al equilibrio y que el óxido de etileno permanece en disolución con el agua por lo que sale con el refinado y que el DEG y TEG se disuelven en el furfural por lo que saldrán por el extracto.

6. DIMENSIONADO DE LA TORRE DE EXTRACCIÓN

6.1. Procedimiento de cálculo

El procedimiento de cálculo para una columna de extracción de relleno puede verse en la Figura 6.1, y comienza con la selección del relleno, lo que permite obtener las velocidades de inundación y con ellas el diámetro y el número de torres; y por último, se calcula la altura equivalente a cada etapa teórica. (Treybal, 1968).

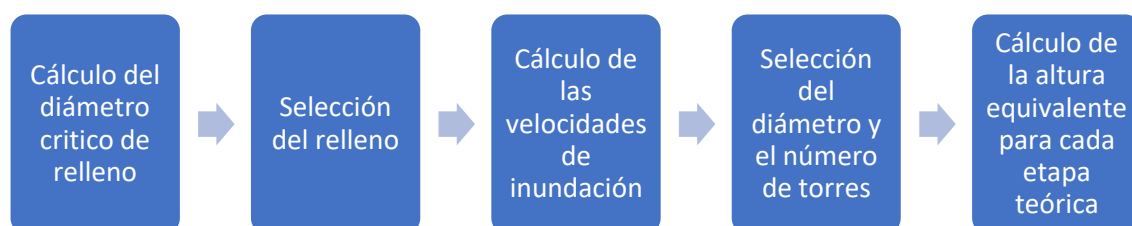


Figura 6.1. Procedimiento de cálculo. Elaboración propia a partir de Treybal, 1968.

Para el cálculo de la columna se empleará el sistema de unidades estadounidense (U.S.C.S.) en lugar de en el sistema internacional debido a que las correlaciones empleadas solo se cumplen para el sistema estadounidense.

Los valores de las propiedades que se van a emplear pueden verse en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1. Propiedades significativas para el diseño de la torre de extracción. Elaboración propia.

Propiedad	S.I.		U.S.C.S.	
	Fase continua	Fase dispersa	Fase continua	Fase dispersa
Densidad	1.125 kg/m ³	1.060 kg/m ³	66,17 lb/ft ³	70,23 lb/ft ³
Viscosidad	2,133·10 ⁻³ Pa·s	1,556·10 ⁻³ Pa·s	5,16 lb/pie·hora	3,77 lb/pie·hora
Caudal	80.214,94 kg/h	22.7636,54 kg/h	176.843,67 lb/h	501.852,66 lb/h

Un estudio estadístico de todos los datos disponibles en el que se compararon las velocidades de flujo observadas y calculadas llegó a la conclusión de que las mejores correlaciones eran las de Crawford y Wilke y la de Hoffing y Lockhart, aunque cuando se comparan las velocidades de inundación observadas y calculadas pueden diferir en varios cientos por ciento. En este caso se va a emplear la correlación de Crawford y Wilke, que se puede observar en la Figura 6.2.

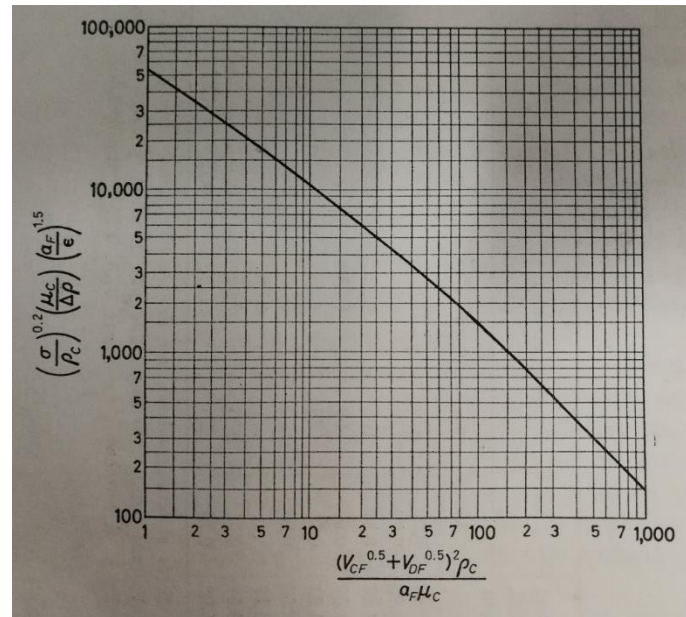


Figura 6.2. Correlación de Crawford y Wilke para el cálculo de velocidades de inundación.

(Treybal, 1968)

Como para calcular la velocidad de inundación es necesario conocer las características del relleno, para cada par de líquidos hay un tamaño crítico de relleno, d_{FC} , que se calcula mediante la ecuación [6.1] para las formas comerciales corrientes como los anillos y albardillas. El comportamiento varía enormemente si se usan tamaños mayores o menores que este ya que para rellenos de mayor tamaño que d_{FC} hay un diámetro medio característico de gota de la fase dispersa, d_p , que es casi independiente del tamaño y la forma del relleno y solo depende débilmente de la velocidad de flujo. En el caso de rellenos menores las gotas son atrapadas en los intersticios del relleno, y solo pueden avanzar cuando son empujadas por otras gotas. Se recomienda el uso de rellenos de mayor tamaño de d_{FC} . (Treybal, 1968)

$$d_{FC} = 2,42 \left(\frac{\sigma}{\Delta \rho \cdot g} \right)^{0.5} \quad [6.1]$$

Dónde:

σ : tensión interfacial masa (lb/hora²) = 28700 · σ'

σ' : tensión interfacial (dinas/cm)

$\Delta \rho$: diferencia positiva de densidad (lb/pie³)

g : aceleración debida a la gravedad (pie/hora²)

Para poder aplicar la ecuación [6.1] es necesario conocer la tensión interfacial entre el furfural y la disolución de MEG y agua, por lo que se empleará la regla de Antonow, mediante la ecuación [6.2] que establece que la tensión interfacial entre dos líquidos es la diferencia de tensiones superficiales de ambos.

$$\sigma = |\gamma_{Furfural} - \gamma_{MEG-Agua}| = |42,26 \text{ dinas/cm} - 60,89 \text{ dinas/cm}| = 18,63 \text{ dinas/cm} = 534681 \text{ lb/hora}^2 \quad [6.2]$$

$$\Delta\rho = |\rho_{MEG-Agua} - \rho_{Furfural}| = |66,17 \text{ lb/pie}^3 - 70,23 \text{ lb/pie}^3| = 4.06 \text{ lb/pie}^3 = 65 \text{ kg/m}^3 \quad [6.3]$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación [6.2] y [6.3] se obtiene la ecuación [6.4].

$$d_{FC} = 2,42 \left(\frac{534.681 \text{ lb/hora}^2}{4.06 \text{ lb/pie}^3 \cdot 416.923.200 \text{ pie/hora}^2} \right)^{0.5} = 0,04301 \text{ pies} = 0,516123" = 0,013 \text{ m} \quad [6.4]$$

En este caso se ha obtenido un valor crítico de relleno de 0,52 pulgadas (1,32 cm) que coincide con el valor habitual que es del orden de media pulgada. (Treybal, 1968)

Como tenemos un tamaño crítico de media pulgada se va a emplear como relleno anillos *P-Ring™* #5/8 fabricados por Sulzer, como se puede observar en la Figura 6.3, que tienen un diámetro de 0,625 pulgadas (1,59 cm) debido a que son los anillos con un diámetro superior a media pulgada que ofrecen una mayor superficie específica.



Figura 6.3. *P-Ring™* fabricado por Sulzer. (Sulzer, 2018)

Una vez obtenidos los datos del relleno, que se pueden ver en la Tabla 6.2, ya puede calcularse el eje de ordenadas de la Figura 6.2 mediante la ecuación [6.5]. (Treybal, 1968)

Tabla 6.2. Propiedades del relleno P-RingTM (Sulzer, 2018)

P-Ring TM		PR #5/8	PR #1	PR #1.5	PR #2	PR #3.5
Superficie específica	m ² /m ³	350	222	144	112	64
	ft ² /ft ³	106,7	67,7	43,9	34,1	19,5
Fracción vacía		95	95	97	97	98

$$y = \left(\frac{\sigma}{\rho_c}\right)^{0,2} \left(\frac{\mu_c}{\Delta\rho}\right) \left(\frac{a_F}{\varepsilon}\right)^{1,5} \quad [6.5]$$

$$y = \left(\frac{534681 \text{ lb/hora}^2}{70,23 \text{ lb/pie}^3}\right)^{0,2} \left(\frac{5,16 \text{ lb/pie} \cdot \text{hora}}{4,06 \text{ lb/pie}^3}\right) \left(\frac{106,7 \text{ pie}^2/\text{pie}^3}{0,95}\right)^{1,5} = 9046,64 \quad [6.6]$$

Si se traslada el valor de la ordenada al eje de abscisas de la Figura 6.2, se obtiene un valor de aproximadamente 10,5, por lo que se obtiene la ecuación [6.7]. (Treybal, 1968)

$$10,5 = \frac{(V_{CF}^{0,5} + V_{DF}^{0,5})^2 \rho_c}{a_F \cdot \mu_c} \quad [6.7]$$

$$10,5 = \frac{(V_{CF}^{0,5} + V_{DF}^{0,5})^2 70,23 \text{ lb/pie}^3}{106,7 \text{ pie}^2/\text{pie}^3 \cdot 5,16 \text{ lb/pie} \cdot \text{hora}} \Rightarrow (V_{CF}^{0,5} + V_{DF}^{0,5})^2 = 82,34 \quad [6.8]$$

En base a la relación de caudales se puede deducir que la relación $V_D/V_C=3,01$, por lo que sustituyendo en la ecuación [6.8] se puede llegar a la ecuación [6.9]. (Treybal, 1968)

$$\begin{aligned} (V_{CF}^{0,5} + (3,01 \cdot V_{CF})^{0,5})^2 &= 82,34 \Rightarrow V_{CF} = 11,01 \text{ pies/hora} = 3,36 \text{ m/h} \Rightarrow V_{DF} \\ &= 33,14 \text{ pies/hora} = 10,10 \text{ m/h} \quad [6.9] \end{aligned}$$

Mediante un proceso de prueba y error se ha obtenido que empleando 3 columnas en paralelo de 11 pies (3,35 metros) de diámetro la velocidad de la fase continua es de 8,83 pies/hora y la velocidad de la fase dispersa de 26,60 pies/hora que corresponden a un 80,2% de la velocidad de inundación.

Una vez calculado el diámetro de la columna se puede calcular la altura de relleno equivalente a cada etapa teórica para lo que se debe empezar empleando la ecuación [6.10]. (Treybal, 1968)

$$V_r = \frac{V_D}{\varepsilon \cdot \phi_D} + \frac{V_C}{\varepsilon \cdot (1 - \phi_D)} = V_k(1 - \phi_D) \quad [6.10]$$

Donde:

ε =huecos en una sección empacada, fracción en volumen

V_c =Velocidad superficial de la fase continua (pies/hora)

V_D =Velocidad superficial de la fase dispersa (pies/hora)

V_r =Velocidad relativa (pies/hora)

V_K =Velocidad característica de gota (pies/hora)

ϕ_D =Retención de la fase dispersa como fracción de volumen del espacio hueco del extractor.

Para fines de diseño se recomienda que se ajuste ϕ_D en el intervalo de 0,15 a 0,20, los valores bajos para valores de V_D/V_c por debajo de 0,5, como en este caso la relación V_D/V_c es de 3,01 se empleará un valor de 0,2, por lo que se obtiene la ecuación [6.11]. (Treybal, 1968)

$$V_r = \frac{26,60 \text{ pies/hora}}{0,95 \cdot 0,2} + \frac{8,83 \text{ pies/hora}}{0,95 \cdot (1 - 0,2)} = V_K(1 - 0,2) \Rightarrow V_r = 151,63 \text{ pies/hora} \\ = 46,22 \text{ m/h} \Rightarrow V_K = 189,53 \text{ pies/hora} = 57,77 \text{ m/h} \quad [6.11]$$

Una vez calculada la velocidad característica de gota ya pueden calcularse el diámetro medio de gota y el área interfacial específica mediante las ecuaciones [6.12] y [6.14] respectivamente. (Treybal, 1968)

$$d_p = 0,92 \left(\frac{\sigma}{\Delta\rho \cdot g} \right)^{0,5} \left(\frac{V_K \varepsilon \phi_D}{V_D} \right) \quad [6.12]$$

$$d_p = 0,92 \left(\frac{534.681 \text{ lb/hora}^2}{4.06 \text{ lb/pie}^3 \cdot 416.923.200 \text{ pie/hora}^2} \right)^{0,5} \left(\frac{189,53 \text{ pies/hora} \cdot 0,95 \cdot 0,2}{26,60 \text{ pies/hora}} \right) \\ = 0,022 \text{ pies} = 0,007 \text{ m} \quad [6.13]$$

$$a = \frac{6\varepsilon\phi_D}{d_p} = \frac{6V_D}{d_{p_0}V_K} \quad [6.14]$$

$$a = \frac{6 \cdot 0,95 \cdot 0,2}{0,022} = \frac{6 \cdot 26,60 \text{ pies/hora}}{d_{p_0} \cdot 189,53 \text{ pies/hora}} = 51,49 \text{ pies}^2/\text{pies}^3 \Rightarrow d_{p_0} = 0,016 \text{ pies} \\ = 0,0049 \text{ m} \quad [6.15]$$

Para conocer la altura equivalente a una etapa teórica es necesario conocer la altura de una unidad de transferencia tanto para la fase dispersa como de la etapa continua. Los intentos para correlacionar la altura teórica de la etapa dispersa han fallado y se han sugerido relaciones empíricas provisionales para M y n de la ecuación [6.16]. (Treybal, 1968)

$$H_{tD} = M \left(\frac{V_c}{V_D} \right)^n \quad [6.16]$$

En este caso se va a suponer que la altura teórica de una unidad de transferencia de la fase dispersa es igual a la del sistema aldehído-isobutileno-agua que tiene un valor de 0,9 pies porque no se disponen de datos experimentales para el sistema MEG-Furfural-Agua. (Treybal, 1968)

Para la fase continua se puede emplear la correlación de Pratt para relacionar la altura de cada etapa teórica con las condiciones de la columna como se puede ver en la ecuación [6.17].

$$\frac{k_c \varepsilon \phi_D^{(0,95-2,4 \cdot d_F)}}{V_c} = 5,3 \cdot 10^{-5} \left(\frac{d_{p0} V_k \rho_c}{\mu_c} \right)^{0,5} \left[1 + \frac{V_c \phi_D}{V_D (1 - \phi_D)} \right]^{1,5} \quad [6.17]$$

$$\frac{k_c \cdot 0,95 \cdot 0,2^{(0,95-2,4 \cdot 0,052 \text{ pies})}}{8,83 \text{ pies/hora}} = 5,3 \cdot 10^{-5} \left(\frac{0,016 \text{ pies} \cdot 189,53 \text{ pies/hora} \cdot 70,23 \text{ lb/pie}^3}{5,16 \text{ lb/pie} \cdot \text{hora}} \right)^{0,5} \left[1 + \frac{8,83 \text{ pies/hora} \cdot 0,2}{26,60 \text{ pies/hora} (1-0,2)} \right]^{1,5} \quad [6.18]$$

$$k = 0,01361 \text{ pies/hora} = 0,004149 \text{ m/h} \quad [6.19]$$

$$H_{tc} = \frac{V_c}{k_c \cdot a} \quad [6.20]$$

$$H_{tc} = \frac{8,83 \text{ pies/hora}}{0,01361 \text{ pies/hora} \cdot 51,49 \text{ pies}^{-1}} = 12,61 \text{ pies} = 3,84 \text{ metros} \quad [6.21]$$

La altura total de la unidad de transferencia se calcularía mediante la ecuación [6.22]. (Treybal, 1968)

$$H = H_{tc} + \frac{V_c}{V_D \cdot m} H_{tD} \quad [6.22]$$

Que varía para cada etapa debido a que el valor de m varía dependiendo de la concentración de MEG dentro de cada una de las etapas teóricas. El valor de m puede calcularse mediante la ecuación [6.23] y es diferente para cada una de las etapas teóricas por lo que se obtendrá una altura equivalente diferente para cada una de las etapas. (Treybal, 1968)

$$m = \frac{c_D}{c_C} \quad [6.23]$$

$$m_i = \frac{R_i}{E_i} \quad [6.24]$$

$$m_1 = \frac{0,41}{0,51} = 0,80 \quad [6.25]$$

$$m_2 = \frac{0,275}{0,435} = 0,63 \quad [6.26]$$

$$m_3 = \frac{0,125}{0,32} = 0,39 \quad [6.27]$$

$$m_4 = \frac{0,06}{0,14} = 0,43 \quad [6.28]$$

$$m_5 = \frac{0,02}{0,06} = 0,33 \quad [6.29]$$

Por lo que sustituyendo los valores en la ecuación [6.22] se obtienen los valores de la altura equivalente para cada etapa teórica. (Treybal, 1968)

$$H_1 = 12,61 \text{ pies} + \frac{8,83 \text{ pies/hora}}{26,60 \text{ pies/hora} \cdot 0,80} \cdot 0,9 \text{ pies} = 12,98 \text{ pies} = 3,96 \text{ metros} \quad [6.30]$$

$$H_2 = 12,61 \text{ pies} + \frac{8,83 \text{ pies/hora}}{26,60 \text{ pies/hora} \cdot 0,63} \cdot 0,9 \text{ pies} = 13,08 \text{ pies} = 3,99 \text{ metros} \quad [6.31]$$

$$H_3 = 12,61 \text{ pies} + \frac{8,83 \text{ pies/hora}}{26,60 \text{ pies/hora} \cdot 0,39} \cdot 0,9 \text{ pies} = 13,38 \text{ pies} = 4,08 \text{ metros} \quad [6.32]$$

$$H_4 = 12,61 \text{ pies} + \frac{8,83 \text{ pies/hora}}{26,60 \text{ pies/hora} \cdot 0,43} \cdot 0,9 \text{ pies} = 13,30 \text{ pies} = 4,05 \text{ metros} \quad [6.33]$$

$$H_5 = 12,61 \text{ pies} + \frac{8,83 \text{ pies/hora}}{26,60 \text{ pies/hora} \cdot 0,33} \cdot 0,9 \text{ pies} = 13,52 \text{ pies} = 4,12 \text{ metros} \quad [6.34]$$

Al sumar las etapas teóricas se obtiene un total de 20,2 metros de relleno. Se recomienda redistribuir la fase dispersa cada 3 metros, el tipo de distribuidor se seleccionará a partir del gráfico de la Figura 6.4.

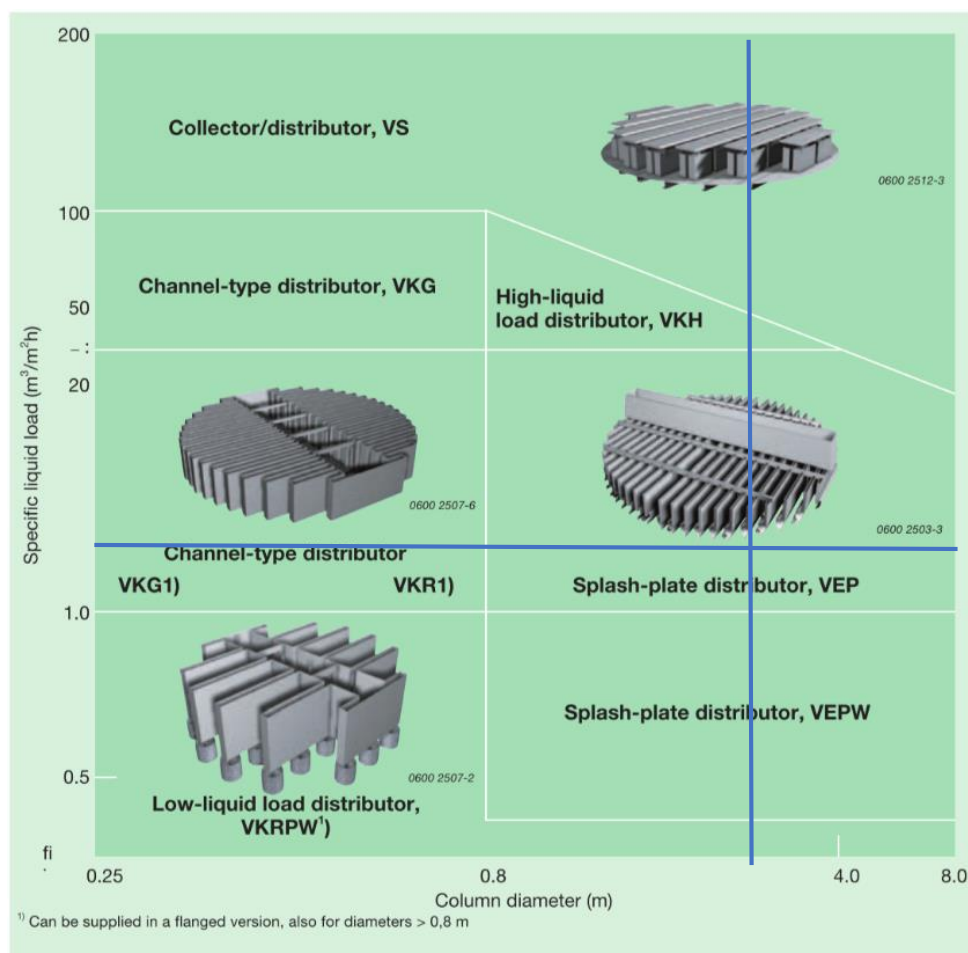


Figura 6.4. Tipos de distribuidor (Sulzer, 2018)

Siendo en este caso el caudal de líquido denso por columna de $2,71 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ y el diámetro de la columna de 3,35 metros se va a seleccionar el Distribuidor de burbujeo VEP, además encima de cada distribuidor habrá un espacio vacío de 600 mm para permitir la instalación de una boca de hombre y una red de soporte para el relleno de tipo GIS como se puede ver en la Figura 6.5.

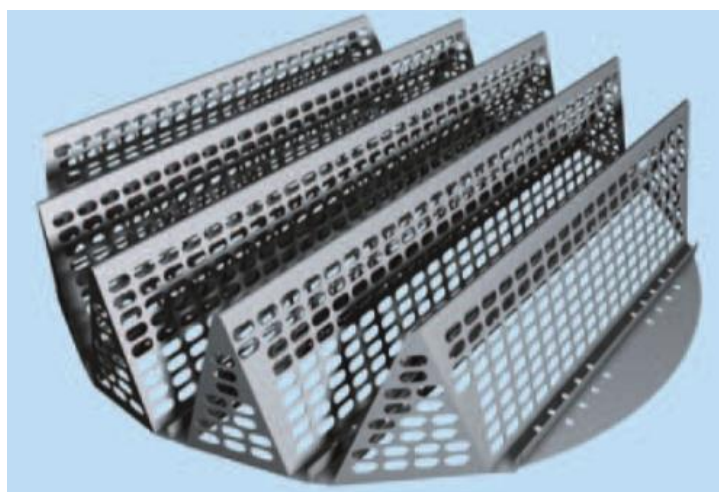


Figura 6.5. Malla de soporte tipo GIS. (Sulzer, 2018)

Como el distribuidor tiene 200 mm de altura y la malla 100 mm, cada 3 metros de relleno habrá un espaciado de 0,9 metros para el distribuidor de líquido, la boca de hombre y la malla de soporte del relleno, con lo que la altura total del relleno de la torre será de 25,6 metros. A esta altura habrá que sumarle 0,3 metros en la parte inferior, 0,1 metros para la malla del primer tramo de relleno y otros 0,2 metros para el distribuidor de entrada del líquido ligero; y otros 0,2 metros en la parte superior para el distribuidor de entrada del líquido denso.

En consecuencia, la altura total de la torre, sin contar los cabezales será de 26,1 metros y el diámetro de 3,35 metros con lo que la relación L/D será de 7,78.

6.2. Caída de presión

Para evaluar la caída de presión se empleará la ecuación de Ergun (ecuación [6.35]) considerando que todos los líquidos atraviesan el lecho de relleno en la misma dirección, y como propiedades la media de las propiedades de ambas corrientes.

$$\frac{\Delta P}{L} = 150 \frac{(1 - \varepsilon)^2}{\varepsilon^3} \frac{\eta v_0}{D_p^2 \phi_s^2} + 1,75 \frac{(1 - \varepsilon)}{\varepsilon^3} \frac{\rho v_0^2}{D_p \phi_s} \quad [6.35]$$

ρ : densidad del fluido

μ : viscosidad del fluido

D_p : diámetro de partícula

L : altura del lecho

ε : porosidad del lecho

ϕ_s : Esfericidad de la partícula

v_0 : velocidad superficial del fluido (velocidad que tendría el fluido si el recipiente no contuviese sólidos).

Para poder aplicar la ecuación de Ergun es necesario conocer la esfericidad de la partícula mediante la ecuación [6.39]. El relleno P-RingTM de Sulzer tiene un diámetro externo de 0,0159 mm, un y un grosor de 3 mm. Por lo que el volumen de cada uno se puede calcular mediante la ecuación [6.36].

$$V = \frac{\pi}{4} (d_e^2 - d_i^2) \cdot L \quad [6.36]$$

$$V = \frac{\pi}{4} ((0,0159 \text{ m})^2 - (0,0129 \text{ m})^2) \cdot 0,0159 \text{ m} = 1,06 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \quad [6.36]$$

A partir de este volumen se puede calcular el volumen de una esfera de volumen equivalente a este anillo mediante la ecuación [6.37].

$$V_s = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d_s}{2} \right)^3 \quad [6.37]$$

$$1,06 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d_s}{2} \right)^3 \Rightarrow d_s = 0,127 \text{ m} \quad [6.38]$$

$$\frac{s_p}{v_p} = \frac{6}{\phi_s \cdot d_s} \quad [6.39]$$

$$350 \text{ m}^2/\text{m}^3 = \frac{6}{\phi_s \cdot 0,127 \text{ m}} \Rightarrow \phi_s = 0,135 \quad [6.40]$$

Conociendo la esfericidad, ya solo queda calcular la velocidad para poder aplicar la ecuación de Ergun.

$$v_0 = \frac{Q}{S} = \frac{307851,48 \text{ kg/h} / 1092,5 \text{ kg/m}^3}{\left(\frac{3,35 \text{ m}}{2} \right)^2 \cdot \pi} = 31,97 \text{ m/h} = 0,00881 \text{ m/s} \quad [6.41]$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P}{L} &= 150 \cdot \frac{(1 - 0,95)^2}{0,95^3} \cdot \frac{1,84 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s} \cdot 0,0088 \text{ m/s}}{(0,016 \text{ m})^2 \cdot 0,135^2} + 1,75 \cdot \frac{(1 - 0,95)}{0,95^3} \\ &\quad \cdot \frac{1,092,5 \text{ kg/m}^3 (0,0088 \text{ m/s})^2}{0,016 \text{ m} \cdot 0,135} = 35,49 \text{ Pa/m} \\ &= 3,55 \cdot 10^{-4} \text{ bar/m} \quad [6.42] \end{aligned}$$

Multiplicando la caída de presión por metro por el número de metros de relleno se obtiene la ecuación [6.43] y la caída total de presión.

$$\Delta P = 3,55 \cdot 10^{-4} \text{ bar/m} \cdot 20,2 \text{ m} = 7,17 \cdot 10^{-3} \text{ bar} \quad [6.43]$$

Esta caída de presión se encuentra dentro del rango proporcionado por el fabricante ya que para otros rellenos similares la caída de presión es de entre 0,1 y 1 mbar/m, por lo que en este caso al ser de 0,36 mbar/m entra dentro de ese rango.

6.3. Validación del diseño

Para validar el diseño se va a comprobar que cumpla con las heurísticas (Tabla 6.3).

Tabla 6.3. Validación del diseño de la columna. Elaboración propia a partir de Treybal, 1968; Turton et col., 2012 y Walas, 1990.

Heurística	Valor
La fase dispersa es la que debe tener un mayor caudal. (Walas)	En este caso el caudal de la fase dispersa es 3,01 veces mayor que el de la fase continua
La altura máxima debe ser 53 metros debido a las cargas de viento y a la construcción del soporte. La relación L/D debe ser menor que 30.	La altura de la columna es de 26,1 metros y la relación L/D es de 7,79.
El diámetro del relleno debe ser menor a 1/8 del de la columna.	El relleno tiene un diámetro de 0,016 metros, mientras que la torre tiene un diámetro de 3,35 metros, por lo que la torre tiene un diámetro 209 veces superior al del relleno.
La altura equivalente de una etapa se sitúa habitualmente entre 1,5 y 3 metros. Las torres de relleno no suelen ser satisfactorias con tensiones superficiales mayores a 10 dinas/cm.	En este caso la tensión superficial es de 18,63 dinas/cm lo que supera los valores recomendados y produce una altura equivalente de etapa teórica de 3,9 metros que se sitúa por encima de los 3 metros habituales, pero sin llegar a ser un valor excesivamente alto.
La caída de presión máxima en un lecho de relleno no puede ser superior a 816,87 Pa/m.	Se cumple debido a que la caída de presión en el lecho es de 35,49 Pa/m

7. DISEÑO MECÁNICO

7.1. Introducción

El diseño mecánico de la torre de extracción T-101 se realizará siguiendo el *ASME Boiler & Pressure Vessel Code*, ya que este código es el estándar de mayor empleo a nivel internacional.

El equipo a diseñar dentro del Código ASME BPV se encuentra en la categoría de recipientes a presión, en la sección VIII relativa a las reglas para la construcción de recipientes a presión. Esta

nomenclatura se aplica a distintas unidades de proceso como reactores, torres de extracción, columnas de destilación, recipientes de almacenamiento a presión o intercambiador de calor.

A su vez, en la sección VIII existen tres divisiones diferenciadas. En la primera se recogen las reglas generales y se encuentra dirigida a recipientes a baja presión (rango entre 15 y 3000 psi). La segunda reúne las reglas alternativas para casos de diseño especiales. Por último, en la tercera división aparece especificado el diseño para equipos sometidos a presión muy elevada.

En consecuencia, la división 1 de la sección VIII del Código ASME BPV será la empleada para el diseño mecánico de la torre de extracción T-101, puesto que esta unidad se encuentra dentro del rango de definición de recipientes a baja presión (1,03 a 206,84 bar); ya que su presión de operación sería de x bar. Además, se utiliza la sección II de este mismo estándar para consultar las propiedades de distintos materiales, a fin de efectuar los cálculos correspondientes.

7.2. Definiciones

- Operación normal: Operación dentro de los límites de diseño para el recipiente. Cualquier combinación de temperatura y presión durante una operación específica son permisibles y no deben asumirse como la condición más severa asumida para el diseño del recipiente.
- Presión de operación: Presión en la parte superior del recipiente a la que opera en condiciones normales. No debe exceder la temperatura máxima de trabajo permitida y normalmente se mantiene a un nivel adecuado por debajo de la presión de apertura de los dispositivos de alivio para prevenir su frecuente apertura.
- Temperatura de operación o trabajo: Temperatura a la que se mantiene el metal en la parte del recipiente que se está considerando durante la operación normal del recipiente de proceso.
- Presión de diseño: La presión empleada para diseñar un componente de un recipiente con la coincidente temperatura de diseño, se emplea para calcular el espesor mínimo las características físicas de las diferentes zonas del recipiente de proceso.
- Temperatura de diseño: La temperatura máxima no debe ser inferior a la temperatura media del metal durante la operación normal. La mínima debe ser la menor de las esperadas en servicio. De ser necesario deben determinarse mediante una simulación por ordenador o midiéndola en equipamiento en servicio bajo condiciones de operación equivalentes.

- Presión máxima de operación permisible: La máxima presión manométrica permisible en la parte superior de un recipiente completo en su posición normal de operación a la temperatura designada para esa presión. Es la base para el cálculo de los dispositivos de alivio que protegen el recipiente.

(American Society of Mechanical Engineers, 2010)

7.3. Condiciones de operación y diseño

7.3.1. Resumen de las condiciones de diseño

En la Tabla 7.1 aparecen reflejadas las distintas presiones y en la Tabla 7.2 aparecen las diferentes temperaturas de la torre de extracción.

Tabla 7.1. Presiones de la torre de extracción. Elaboración propia.

	Valor	Justificación
Presión de operación (bar)	1,01	Presión de operación seleccionada en base al equilibrio líquido-líquido
Presión máxima de operación (bar)	2,74	El código ASME vía Walas recomienda establecer la presión máxima de operación a 25 psi sobre la normal de operación.
Presión de diseño (bar)	4,46	El código ASME vía Walas recomienda establecer la presión de diseño un 10% superior a la máxima de operación o 10-25 psi.
Presión máxima permisible de operación (barg)	3,45	En general se considera igual a la presión de diseño salvo en los casos en los que se esté calculando la presión máxima permisible de operación.

Tabla 7.2. Temperaturas de la torre de extracción. Elaboración propia.

	Valor	Justificación
Temperatura de operación (°C)	25	Es la temperatura seleccionada para la operación de la torre.
Temperatura máxima de operación (°C)	35	Es la temperatura máxima permisible que no varía excesivamente el equilibrio líquido líquido.
Temperatura de diseño (°C)	63	El código ASME vía Walas establece que si la temperatura está situada entre -20°F y 650°F debe emplearse un margen de seguridad de 50°F

7.3.2. Presión de diseño

El código de diseño ASME en su versión del 2010, sección 8, división 1 apartado UG-21 referido a la presión de diseño establece que todos los elementos de un recipiente sometido a presión deben ser diseñados para el caso de mayor presión y temperatura coincidentes esperadas en un funcionamiento normal incluyendo sobrecargas. Las cargas que deben incluirse en el diseño de un recipiente de proceso son: (*American Society of Mechanical Engineers, 2010*)

- La presión interna o externa.
- El peso del recipiente de proceso y su contenido normal durante la operación normal o las condiciones de prueba.
- Reacciones superpuestas debidas al peso de equipamiento acoplado como motores, maquinaria, otros recipientes, tubuladuras y aislamiento.
- Los accesorios de los componentes internos y los soportes del recipiente.
- Reacciones cíclicas y dinámicas debido a la variación de la presión o temperatura, por carga y descargas.
- Viento, nieve y cargas sísmicas.
- Reacciones de impacto como las ondas de choque de los fluidos
- Gradientes de temperatura y expansiones térmicas
- Presiones anormales como aquellas causadas por deflagraciones.

- Presiones de prueba y carga hidráulica durante las pruebas.

Por esto, el código ASME recomienda que la presión de diseño provea de un cierto margen con respecto a la presión normal de operación debido a la previsión de incrementos de presión debidos a estas causas y a fluctuaciones en el funcionamiento. (*American Society of Mechanical Engineers, 2010*)

El código ASME no establece ninguna fórmula ni valor específico que relacione la presión normal de operación con la presión de diseño. No obstante, hay cierta coincidencia entre varios autores de emplear valores en torno al 10% de margen, por ejemplo, Sinnott recomienda emplear como presión de diseño un valor entre un 5 y un 10% superior al de la presión máxima de operación, por otra parte, Walas recomienda emplear un 10% o 10-25 psi dependiendo de cuál sea mayor. (*Walas, 1990*) (*Sinnott et col., 2007*)

En este caso, se va a emplear el Walas y debido a que el 10% de la presión de operación es inferior a 10 psi se va a emplear el criterio de 10-25 psi. Como el óxido de etileno es un compuesto altamente reactivo se ha decidido emplear un margen de 25 psi. (*Walas, 1990*)

7.3.3. Temperatura de diseño

El código de diseño ASME en su versión del 2010, sección 8, división 1 apartado UG-20 referido a la temperatura de diseño establece que la temperatura máxima no debe ser inferior a la temperatura media del metal durante la operación normal y que la mínima debe ser la menor de las esperadas en servicio. De ser necesario deben determinarse mediante una simulación por ordenador o midiéndola en equipamiento en servicio bajo condiciones de operación equivalentes. (*American Society of Mechanical Engineers, 2010*)

El código ASME no establece ninguna fórmula ni valor específico que relacione la presión normal de operación, a falta de una fórmula concreta se van a emplear las recomendaciones del Walas que recomienda que si la temperatura está situada entre -20°F y 650°F debe emplearse un margen de seguridad de 50°F. (*Walas, 1990*)

7.4. Material

El material de la pared de la torre de extracción seleccionado deberá cumplir unas funciones específicas y en caso de que sean varios materiales los posibles, será necesario elegir aquel que sea óptimo. Una incorrecta elección del material produciría una disminución de la vida útil del equipo, aparición de problemas de corrosión, encarecimiento del equipo, operación no segura... En definitiva, escoger el material idóneo es fundamental.

Por lo tanto, para llevar a cabo el proceso de selección y diseño de materiales se desencadenará un procedimiento con tres partes diferenciadas. En primer lugar, se presentarán aquellos factores que se consideran fundamentales para la elección del material adecuado. A continuación, se empleará la metodología Ashby junto a tablas y figuras que aportan información adicional, llevando a cabo una selección de forma sistemática. Por último, se empleará el software proporcionado por *Granta Design* para comprobar mediante el uso de este selector de materiales, si se ha sido elegido el idóneo.

7.4.1. Factores relevantes

Se presentan los distintos aspectos a tener en cuenta en la selección del material en la Tabla 7.3.

Tabla 7.3. Factores relevantes en la selección del material. Elaboración propia.

Factor	Explicación
Función	Recipiente a presión de radio R (torre de extracción T-101)
Objetivo	Maximizar seguridad priorizando la fuga antes de la rotura (<i>leak before break</i>) (consultar siguiente subapartado)
Limitaciones	Soportar diferencia de presión Operar a 25 °C Ser resistente a la presencia MEG, DEG, furural y pequeñas cantidades de óxido de etileno Bajo coste
Variables libres	Selección de materiales

7.4.2. Selección sistemática

El primer paso es escoger el índice de material adecuado (M), dado que la torre de extracción T-101 es un recipiente a presión de gran tamaño se escoge como criterio de diseño por cuestiones de seguridad que el recipiente fugue antes de deformarse; ya que gracias al vertido es posible detectar la grieta y parar la operación de proceso antes de que se desencadene un grave accidente por rotura catastrófica del equipo. En la Tabla 7.4 se recogen los índices de material para distintos equipos empleando como criterio de diseño el diseño tolerante a daños, se marca el empleado para la selección del material de la torre de extracción T-101.

Tabla 7.4. Índices de material empleando como criterio el diseño tolerante a daños. (Ashby, 2005)

Table B5 Damage-tolerant design	
<i>Function and constraints</i>	<i>Maximize*</i>
Ties (tensile member)	
Maximize flaw tolerance and strength, load-controlled design	K_{Ic} and σ_f
Maximize flaw tolerance and strength, displacement-control	K_{Ic}/E and σ_f
Maximize flaw tolerance and strength, energy-control	K_{Ic}^2/E and σ_f
Shafts (loaded in torsion)	
Maximize flaw tolerance and strength, load-controlled design	K_{Ic} and σ_f
Maximize flaw tolerance and strength, displacement-control	K_{Ic}/E and σ_f
Maximize flaw tolerance and strength, energy-control	K_{Ic}^2/E and σ_f
Beams (loaded in bending)	
Maximize flaw tolerance and strength, load-controlled design	K_{Ic} and σ_f
Maximize flaw tolerance and strength, displacement-control	K_{Ic}/E and σ_f
Maximize flaw tolerance and strength, energy-control	K_{Ic}^2/E and σ_f
Pressure vessel	
Yield-before-break	K_{Ic}/σ_f
Leak before-break	K_{Ic}^2/σ_f
* K_{Ic} = fracture toughness; E = Young's modulus; σ_f = failure strength (the yield strength for metals and ductile polymers, the tensile strength for ceramics, glasses and brittle polymers loaded in tension; the flexural strength or modulus of rupture for materials loaded in bending).	

La fórmula del índice de material elegido aparece en la ecuación [7.1].

$$M = \frac{K_{Ic}^2}{\sigma_f} \quad [7.1]$$

Donde:

M , índice de material.

K_{IC}^2 , tenacidad a la fractura [$\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$].

σ_f , límite elástico [MPa].

Tras haber escogido el índice de material, se busca la dirección que lo maximice en los mapas de glóbulos de la metodología Ashby que recojan las variables que aparecen en este índice. Para ello, se traza una recta por inspección inicial de M en la Figura 7.1 (mapa de glóbulos: tenacidad a la fractura frente a límite elástico). Es decir, se toma un punto aleatorio, se calcula M usando ecuación [7.1]; y con este valor y una nueva coordenada para el límite elástico, se obtiene el nuevo valor de la tenacidad de fractura empleando ecuación [7.3].

Cálculos detallados: si $K_{IC}^2 = 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ y $\sigma_f = 100 \text{ MPa}$ empleando ecuación [7.2]:

$$M = \frac{10^2}{100} = 1 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/4} \quad [7.2]$$

Con $M = 1 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/4}$ y $\sigma_f = 10 \text{ MPa}$ empleando ecuación [7.1]:

$$K_{IC}^2 = \sqrt{10} = 3,2 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \quad [7.3]$$

Posteriormente, se toma otro punto en la dirección superior a la recta antes dibujada para comprobar si esta es la dirección que maximiza el índice de material.

Cálculos detallados: si $K_{IC}^2 = 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ y $\sigma_f = 10 \text{ MPa}$ empleando ecuación [7.1]:

$$M = \frac{10^2}{10} = 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/4} \quad [7.4]$$

En conclusión, la dirección hacia la parte superior de la Figura 7.1 de la perpendicular trazada a la recta naranja, es aquella que maximiza M .

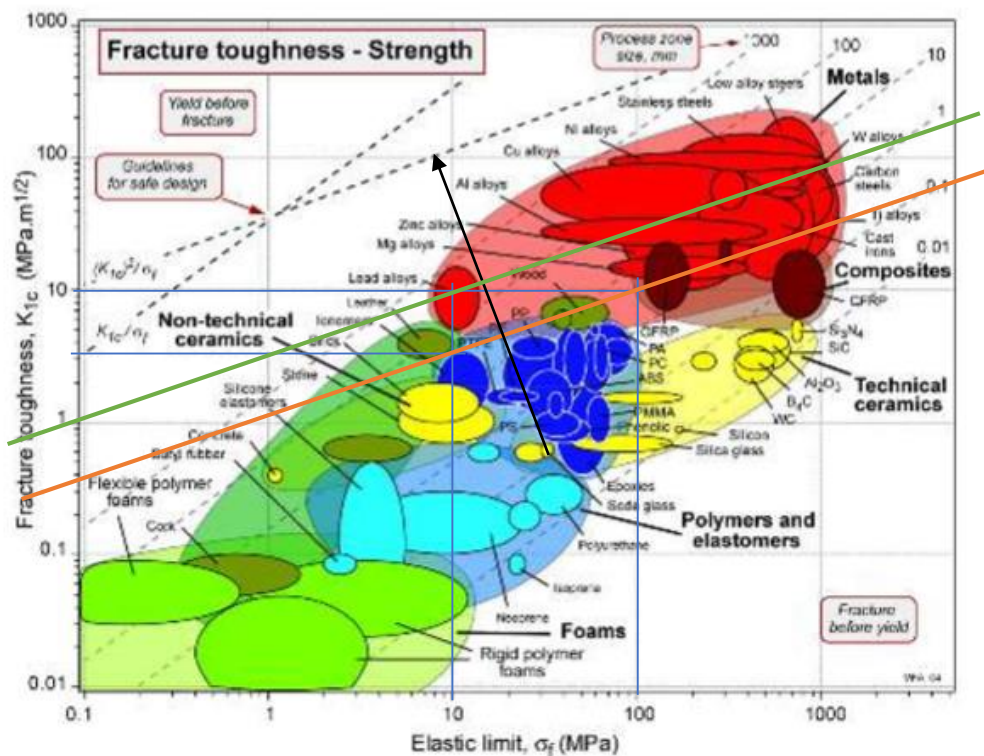


Figura 7.1. Mapa de glóbulos: tenacidad a la fractura frente a limite elástico. (Ashby, 2005)

En consecuencia, se hallan las distintas familias y subfamilias de materiales de mayor interés en relación a las propiedades evaluadas trazando una paralela (recta verde) a la recta naranja por aquellos glóbulos extremos del mapa. En la Tabla 7.5 se recogen las familias y subfamilias de materiales que serán consideradas en el estudio de selección del material en base a la maximización de M.

Tabla 7.5. Familias y subfamilias de materiales que maximizan M. Elaboración propia a partir de Ashby, 2005.

Familia	Subfamilia
Metales	Aleaciones de níquel
	Aleaciones de cobre
	Aceros inoxidables
	Aceros de baja aleación
	Aleaciones de aluminio
	Aceros al carbono

Una vez que se han elegido materiales capaces de soportar la diferencia de presión, se procede a abordar la siguiente limitación, operar a 25 °C. Visto que la pared de la torre de extracción no deberá soportar una temperatura elevada, la satisfacción de este requisito se produce de manera directa sin necesidad de una consideración detallada a hora de elegir el material de diseño del equipo.

Así mismo, el material seleccionado tendrá que resistir la presencia de compuestos corrosivos como los etilenglicoles, el tolueno y pequeñas cantidades de óxido de etileno. Se empleará la Figura 7.2 para evaluar cuál de los metales recogidos en la Tabla 7.5 presenta una resistencia excelente ante el desgaste producido por compuestos orgánicos, aunque el óxido de etileno sea la sustancia más corrosiva no se tendrá en cuenta al existir cantidades prácticamente insignificantes del mismo en la torre de extracción.

En la Figura 7.2 queda reflejado el comportamiento de los materiales en distintos medios agresores, calificando su resistencia entre A, excelente, y D, mala. Se buscan en esta figura los materiales con resistencia A a la corrosión producida por disolventes orgánicos (MEG, DEG y tolueno), dichos materiales se destacan en la Figura 7.2. Conjuntamente, se descartan de la Tabla 7.5 aquellos que no cumplan los términos de corrosión explicados, dando lugar a la Tabla 7.6.

Tabla 7.6. Familias y subfamilias de materiales que maximizan M y poseen resistencia excelente a la corrosión por disolventes orgánicos. Elaboración propia a partir de Ashby, 2005

Familia	Subfamilia
Metales	Aleaciones de níquel
	Aleaciones de cobre
	Aceros inoxidable
	Aceros de baja aleación
	Aleaciones de aluminio
	Aceros al carbono

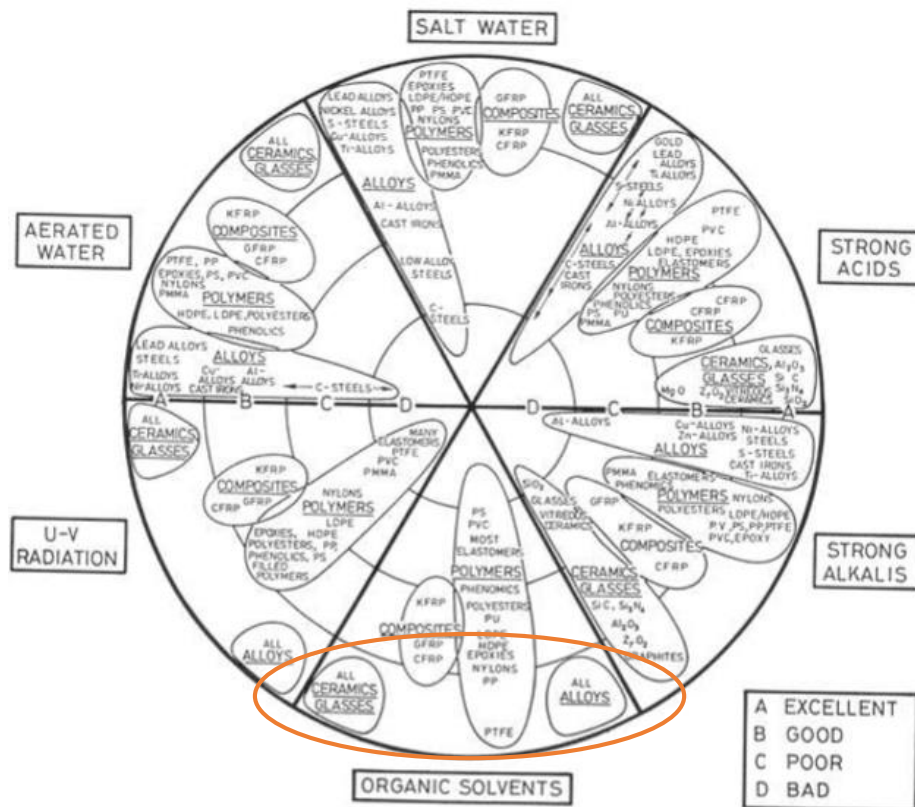


Figura 7.2. Comportamiento de materiales en distintos medios agresores. (Ashby, 2005)

Del mismo modo, se tendría en cuenta la limitación de bajo coste, ya que siempre resulta interesante minimizarlo de manera intrínseca. Se utilizará la Figura 7.3 para elegir entre los metales recogidos en la Tabla 7.6 que cumplirían todos los requisitos de operabilidad estudiados, aquel con menor coste por unidad de masa. En la Figura 7.3 se refleja de manera considerable que el precio por unidad de masa del acero al carbono es inferior al del resto de las aleaciones analizadas.

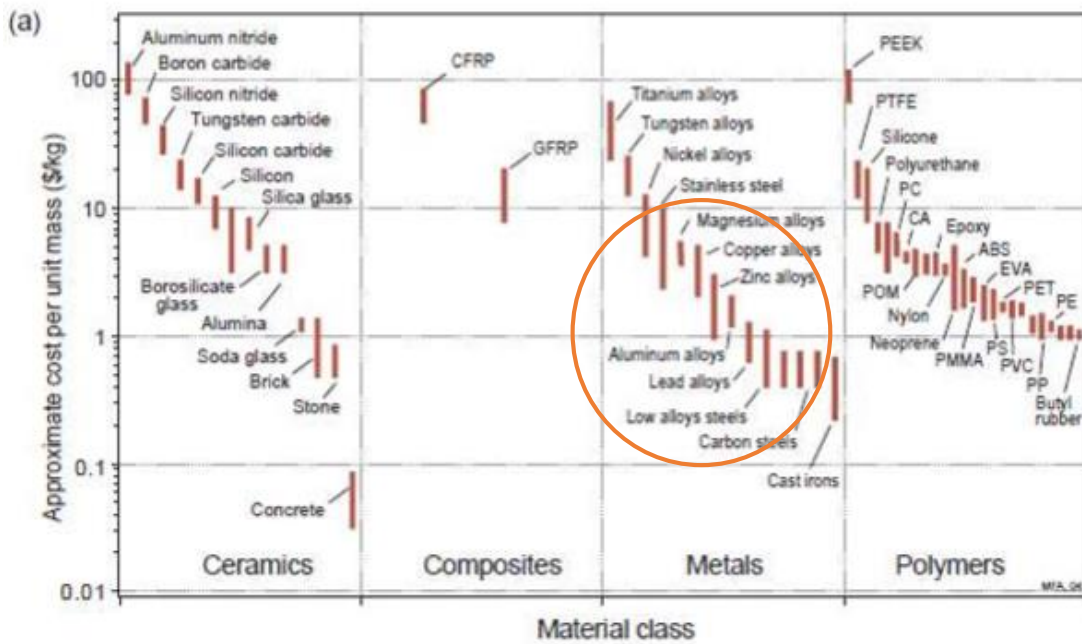


Figura 7.3. Coste aproximado de materiales por unidad de masa. (Ashby, 2005)

En definitiva, el acero al carbono sería el material seleccionado para el diseño y la construcción de la torre de extracción T-101, dado que este es uno de los materiales económicos más empleados industrialmente y además en este caso satisface los requisitos.

Por último, se elegirá un tipo concreto de acero al carbono de los recogidos en la Tabla 7.7, bajo su especificación ASME. Se ha escogido el acero al carbono en placas SA285 grado A (ASTM A285, grado A), cuya resistencia mínima especificada a tensión son 45.000 psi. Este tipo de acero es muy habitual en la industria y cumple con todos los requisitos detallados, además posee un buen valor de resistencia mínima especificada a la tensión.

En el siguiente subapartado, se analizará la viabilidad de la decisión tomada de elegir este tipo concreto de acero al carbono mediante el software proporcionado por *Granta Design*.

Tabla 7.7. Tipos de aceros al carbono y de baja aleación con especificación ASME. (Ashby, 2005)

Tabla 6-57. Valores de esfuerzos máximos permisibles en tensión para aceros al carbono y de baja aleación

Valores en libras por pulgada cuadrada										
Especificación A.S.M.E. No.	Grado	Composición nominal	Resistencia mínima especificada a la tensión	Para temperaturas que no sobrepasen (°F):						
				-20 a 650	700	800	900	1000	1100	1200
Placas										
Aceros al carbono										
SA515	55	C-Si	55 000	13 700	13 200	10 200	6 500	2 500		
SA515	70	C-Si	70 000	17 500	16 600	12 000	6 500	2 500		
SA516	55	C-Si	55 000	13 700	13 200	10 200	6 500	2 500		
SA516	70	C-Si	70 000	17 500	16 600	12 000	6 500	2 500		
SA285	A	.....	45 000	11 200	11 000	9 000	6 500			
SA285	B	.....	50 000	12 500	12 100	9 600	6 500			
SA285	C	.....	55 000	13 700	13 200	10 200	6 500			
Aceros de baja aleación										
SA202	A	Cr-Mn-Si	75 000	16 700	17 700	12 600	6 500	2 500		
SA202	B	Cr-Mn-Si	85 000	21 200	19 800	12 800	6 500	2 500		
SA387	D*	2¼ Cr-1 Mo	60 000	15 000	15 000	15 000	13 100	7 800	4 200	1 600
Tubos y tuberías sin costuras										
Aceros al carbono										
SA53	A	.....	48 000	12 000	11 600	9 300	6 500			
SA53	B	.....	60 000	15 000	14 300	10 800	6 500			
Aceros de baja aleación										
SA213	T22	2¼ Cr-1 Mo	60 000	15 000	15 000	15 000	13 100	7 800	4 200	1 600

7.4.3. Selector de material

Se empleará el software de *Granta Design* para comprobar mediante el uso de este selector de materiales, si se ha sido elegido el material idóneo. En relación a la información abstraída de este programa, se concluye que elegir cualquier tipo de acero al carbono sería una decisión acertada; es decir, la selección del tipo SA285 grado A para construir la torre de extracción T-101 sería una decisión en base a criterio propio.

7.4.4. Composición y propiedades del material seleccionado

En la Tabla 7.8 se recoge la composición para el acero al carbono en placas SA285 grado A, además en la Tabla 7.9 se especifican las propiedades de dicho material.

Tabla 7.8. Composición del acero SA285 grado A. (MakeitFrom, 2018) y (MatWeb, 2018)

Componente	Composición (%)
C	≤ 0,17
Mn	≤ 0,90
P	≤ 0,035
S	≤ 0,035

Tabla 7.9. Propiedades mecánicas y físicas del acero SA285 grado A. (MakeitFrom, 2018) y (MatWeb, 2018)

Propiedad	Valor
Resistencia mínima especificada a la tensión (MPa)	310
Densidad (kg/m ³)	7.800
Módulo elástico (GPa)	190
Conductividad térmica (W/m·K) a 100 °C	47

7.5. Orientación

Se elige un recipiente cilíndrico, ya que existen diversas ventajas con respecto a los recipientes esféricos relativas a la facilidad de construcción: sección constante y con ella la facilidad de operación y de implementación de accesorios internos; sencillez de montaje sobre soportes y menor ocupación de área en la planta cuando se encuentran en orientación vertical.

Para determinar la orientación de este recipiente se calcula el volumen total del recipiente (V_{total}) a partir de la ecuación [7.5] y se utilizan las directrices siguientes: (Freire, 2017)

- Para menos de 1.000 gal, tanques verticales montados sobre estructura metálica.
- Entre 1.000 – 10.000 gal, tanques horizontales montados sobre falda de acero con cimientos de hormigón.
- Por encima de 10.000 gal, tanques verticales montados sobre falda de acero con cimientos de hormigón.

$$V_{total} = \frac{\pi D_i^2 L_{total\ carcasa}}{4} \quad [7.5]$$

El diámetro interno (D_i) y la longitud total de la carcasa ($L_{total\ carcasa}$) se recogen en la Tabla 7.10.

Tabla 7.10. Dimensiones del recipiente. Elaboración propia

D_i (m)	3,35
$L_{total\ carcasa}$ (m)	26,10

El V_{total} obtenido es superior a 10.000 gal, expuesto en la Tabla 7.11, así que la torre de extracción T-101 se colocará en disposición vertical montado sobre una falda de acero con cimientos de hormigón. Se evalúa este soporte a posteriori mediante su diseño mecánico, para comprobar si posee la capacidad de soportar todas las cargas; puesto que la parte inferior del equipo es una zona de concentración de tensiones.

Tabla 7.11. Volumen total del recipiente.

$V_{total} (m^3)$	230,43
$V_{total} (gal)$	60.847,09

7.6. Carcasa

Para el cálculo de espesores se adopta el procedimiento descrito en el Código ASME BPV Sec. VIII Div. 1 para recipientes a presión, tanto para la pared de la carcasa para los cabezales.

El espesor mínimo de pared debe ser el mayor valor entre el espesor radial y el espesor longitudinal, los cuales se calculan mediante las ecuaciones [7.6] y [7.7] respectivamente. (Sinnot, 2007)

$$t_{radial} = \frac{P_i D_i}{2SE - 1,2P_i} \quad [7.6]$$

$$t_{longitudinal} = \frac{P_i D_i}{4SE - 0,8P_i} \quad [7.7]$$

Donde:

t_{radial} , espesor radial mínimo requerido de la carcasa [in].

$t_{longitudinal}$, espesor longitudinal mínimo requerido de la carcasa [in].

P_i , presión de diseño [lb/in²].

D_i , diámetro interno normalizado [in].

S , esfuerzo máximo permisible [lb/in²].

E , eficiencia máxima permisible de la unión soldada.

Se obtiene el esfuerzo máximo permisible del material utilizado para la construcción de este equipo procedente de la Tabla 7.12. El valor de esta variable para el acero al carbono SA-285 grado A a la temperatura de diseño (63 °C o 145 °F) se calcula interpolando los valores correspondientes a 100 °F (12,9 ksi) y 300 °F (12,9 ksi) marcados en azul en la Tabla 7.12. (Sinnott, 2007)

Tabla 7.12. Esfuerzos máximos permisibles para placas según el código ASME BPV Sec. VIII D.1. (Sinnott, 2007)

Material	Grade	Min Tensile Strength (ksi)	Min Yield Strength (ksi)	Maximum Temperature (°F)	Maximum Allowable Stress at Temperature °F (ksi – 1000 psi)				
					100	300	500	700	900
Carbon steel	A285 Gr A	45	24	900	12.9	12.9	12.9	11.5	5.9
Killed carbon steel	A515 Gr 60	60	32	1000	17.1	17.1	17.1	14.3	5.9
Low alloy steel	A387 Gr 22	60	30	1200	17.1	16.6	16.6	16.6	13.6
1¼ Cr, ½ Mo, Si	410	65	30	1200	18.6	17.8	17.2	16.2	12.3
Stainless steel	13 Cr	410	30	1200	18.6	17.8	17.2	16.2	12.3
Stainless steel	304	75	30	1500	20.0	15.0	12.9	11.7	10.8
18 Cr, 8 Ni	304	75	30	1500	20.0	15.0	12.9	11.7	10.8
Stainless steel	347	75	30	1500	20.0	17.1	15.0	13.8	13.4
18 Cr, 10 Ni, Cb	347	75	30	1500	20.0	17.1	15.0	13.8	13.4
Stainless steel	321	75	30	1500	20.0	16.5	14.3	13.0	12.3
18 Cr, 10 Ni, Ti	321	75	30	1500	20.0	16.5	14.3	13.0	12.3
Stainless steel	316	75	30	1500	20.0	15.6	13.3	12.1	11.5
16 Cr, 12 Ni, 2 Mo	316	75	30	1500	20.0	15.6	13.3	12.1	11.5

La eficiencia de la unión soldada dependerá del tipo de soldadura y de la inspección realizada (examen radiográfico). Para el diseño de la torre de extracción T-101 se selecciona una eficiencia de soldadura de 0,85 con un grado de examen radiográfico puntual para una unión a tope doblemente soldada, se realiza este tipo de inspección debido a que la operación de este equipo no es punto crítico de la seguridad del proceso. El valor introducido se ha marcado en azul en la Tabla 7.13, esta presenta los valores típicos de eficiencias máximas permisibles de las distintas categorías de uniones soldadas. (Sinnott, 2007)

Tabla 7.13. Eficiencias máximas permisibles de las categorías de uniones soldadas. (Sinnot, 2007)

Joint Description	Joint Category	Degree of Radiographic Examination		
		Full	Spot	None
Double-welded butt joint or equivalent	A, B, C, D	1.0	0.85	0.70
Single-welded butt joint with backing strip	A, B, C, D	0.9	0.8	0.65
Single-welded butt joint without backing strip	A, B, C	NA	NA	0.60
Double full fillet lap joint	A, B, C	NA	NA	0.55
Single full fillet lap joint with plug welds	B, C	NA	NA	0.50
Single full fillet lap joint without plug welds	A, B	NA	NA	0.45

Una vez, reunidos los datos pertinentes se resuelven las ecuaciones [7.6] y [7.7], en la Tabla 7.14 se exponen los distintos datos y resultados para el espesor de la carcasa de la torre de extracción T-101.

Tabla 7.14. Datos y resultados para el espesor de la carcasa de la torre de extracción T-101.

Elaboración propia

P_i (lb/in ²)	64,69
$T_{\text{diseño}}$ (°F)	145,00
D_i (in)	132,00
S (lb/in ²)	12.900,00
E	0,85
t_{radial} (in)	0,39
$t_{\text{longitudinal}}$ (in)	0,19

Las variables recogidas en la Tabla 7.14 aparecen en unidades del USCS, ya que las ecuaciones del Código ASME BPV Sec. VIII Div. 1 para recipientes a presión emplean estas; en la Tabla 7.15 se presentan los espesores calculados para la carcasa en unidades del SI.

Tabla 7.15. Espesores de la carcasa de la torre de extracción T-101. Elaboración propia

t_{radial} (mm)	9,93
$t_{\text{longitudinal}}$ (mm)	4,95

El espesor radial es el mayor y además por motivos de seguridad se debe considerar un sobreespesor por corrosión, el cual permita asumir un desgaste del material. De acuerdo a que las condiciones a las que se verá sometido el material no son severas, los fluidos ni son sucios ni corrosivos, se decide tener en cuenta un sobreespesor de 2 mm.

Por último, es necesario comprobar por medio de la Tabla 7.16 si el espesor obtenido para la pared de la carcasa de la torre de extracción T-101 es superior al espesor mínimo requerido (incluyendo corrosión) para un recipiente de diámetro entre 3,0 m y 3,5 m, su valor se resalta en azul en la Tabla 7.16 y es de 12 mm. Por lo tanto, como el resultado obtenido es inferior, el espesor calculado ($t_{\text{corrosión}}$) no es válido y se empleará como espesor de la carcasa el valor mínimo requerido ($t_{\text{mín, corrosión}}$); ambos espesores se presentan en la Tabla 7.17. (Sinnott, 2007)

Tabla 7.16. Espesor mínimo de carcasa en función del diámetro interno del recipiente (incluyendo 2 mm por corrosión). (Sinnott, 2007)

Vessel diameter (m)	Minimum thickness (mm)
1	5
1 to 2	7
2 to 2.5	9
2.5 to 3.0	10
3.0 to 3.5	12

Tabla 7.17. Espesores, incluyendo corrosión, de la carcasa de la torre de extracción T-101.

Elaboración propia

$t_{\text{corrosión}}$ (mm)	11,93
$t_{\text{mín, corrosión}}$ (mm)	12,00

7.7. Cabezales

Se procederá a la elección del cabezal más adecuado, además se realizarán los cálculos pertinentes para obtener sus espesores y dimensiones.

Se seleccionarán cabezales abombados (torisférico, elíptico o hemisférico) frente a los cabezales no abombados o planos, ya que estos últimos poseen un elevado espesor. En cuanto, a la elección entre los abombados deberá realizarse una decisión de compromiso entre el coste de construcción, su coste de unión a la carcasa y el coste asociado al espesor requerido en función de las condiciones de diseño.

Se evaluará escoger un cabezal torisférico o elíptico, ya que la presión de diseño (4,46 bar) no justifica el empleo de un cabezal hemisférico (altas presiones, por encima de 15 bar). El cabezal torisférico es el más fácil de fabricar y el más barato para presiones menores que 15 bar. El elíptico es el más común a presiones superiores a 15 bar y su espesor es igual al de la carcasa. Por lo tanto, el cabezal torisférico será más barato en fabricación, pero su unión a la carcasa supondrá costes adicionales a los del elíptico al poseer distintos espesores y el espesor del mismo será algo mayor. En consecuencia, se calcula el espesor del cabezal torisférico y elíptico a partir de las ecuaciones [7.8] y [7.9] respectivamente, los valores de las variables involucradas se recogen en la Tabla 7.18. (Sinnott, 2007) (Walas, 1990)

$$t_{\text{torisférico}} = \frac{0,885 P_i R_c}{SE - 0,1 P_i} \quad [7.8]$$

$$t_{\text{elíptico}} = \frac{P_i D_i}{2SE - 0,2 P_i} \quad [7.9]$$

Donde:

$t_{\text{torisférico}}$, espesor mínimo requerido del cabezal torisférico [in].

$t_{\text{elíptico}}$, espesor mínimo requerido del cabezal elíptico [in].

P_i , presión de diseño [lb/in²].

R_c , radio de la corona [in]. Se asume como un 70% del diámetro interno normalizado de la carcasa.

S , esfuerzo máximo permisible [lb/in²].

E, eficiencia máxima permisible de la unión soldada.

D_i , diámetro interno normalizado [in].

Tabla 7.18. Variables para el cálculo de los espesores de los cabezales.

P_i (lb/in ²)	64,69
D_i (in)	132,00
R_c (in)	92,40
S (lb/in ²)	12.900,00
E	0,85

Las variables recogidas en la Tabla 7.18 aparecen en unidades del USCS, ya que las ecuaciones del Código ASME BPV Sec. VIII Div. 1 para recipientes a presión emplean estas, en la Tabla 7.19 se recoge el espesor del cabezal torisférico y elíptico en unidades del SI. A su vez, se calculan los espesores de estos cabezales teniendo en cuenta la corrosión de forma análoga a como se hizo para la carcasa. En vista de los resultados, el espesor del cabezal torisférico solo es un poco mayor que el de la carcasa y que el del cabezal elíptico, se escoge el cabezal torisférico. Además, el espesor del cabezal elíptico es inferior al de la carcasa. En la Figura 7.4 puede verse el aspecto de un cabezal del tipo seleccionado.

Tabla 7.19. Espesores de los cabezales torisférico y elíptico.

$t_{\text{torisférico}}$ (mm)	12,26
$t_{\text{torisférico, corrosión}}$ (mm)	14,26
$t_{\text{elíptico}}$ (mm)	9,90
$t_{\text{elíptico, corrosión}}$ (mm)	11,90



Figura 7.4. Cabezal torisférico. (Slawinski, 2018)

Tanto el cabezal superior e inferior serían idénticos, ya que la presión de diseño se considera constante a lo largo del equipo.

A continuación, se dimensionará el cabezal torisférico por medio de la norma DIN 28011, de acuerdo a los fabricantes se recogen las ecuaciones correspondientes (ecuaciones [7.10], [7.11], [7.12], [7.13], [7.14] y [7.15]): (Slawinski, 2018)

$$d_a = D_i + 2t_{\text{torisférico, corrosión}} \quad [7.10]$$

$$r_1 = 0,7d_a \quad [7.11]$$

$$r_2 = 0,1d_a \quad [7.12]$$

$$h_1 = 3,5t_{\text{torisférico, corrosión}} \quad [7.13]$$

$$h_2 = 0,1935d_a - 0,455t_{\text{torisférico, corrosión}} \quad [7.14]$$

$$h_3 = h_1 + h_2 \quad [7.15]$$

Donde:

d_a , diámetro externo del cabezal [m].

D_i , diámetro interno normalizado [m].

$t_{\text{torisférico, corrosión}}$, espesor mínimo requerido cabezal torisférico incluyendo corrosión [m].

r_1 , radio de la corona [m]. Posee un valor análogo a R_c empleado en el cálculo del espesor del cabezal.

r_2 , radio de la curvatura externa del cabezal [m].

h_1 , altura de la parte vertical del cabezal [m].

h_2 , altura de la parte curva del cabezal [m].

h_3 , altura total del cabezal [m].

En la Tabla 7.20 se exponen las dimensiones del cabezal por la norma DIN 28011. Además, en la Figura 7.5 se presenta un esquema del cabezal acotado por las distintas dimensiones calculadas.

Tabla 7.20. Dimensiones del cabezal torisférico según norma DIN 28011.

d_a (m)	3,38
r_1 (m)	2,37
r_2 (m)	0,34
h_1 (m)	0,05
h_2 (m)	0,65
h_3 (m)	0,70

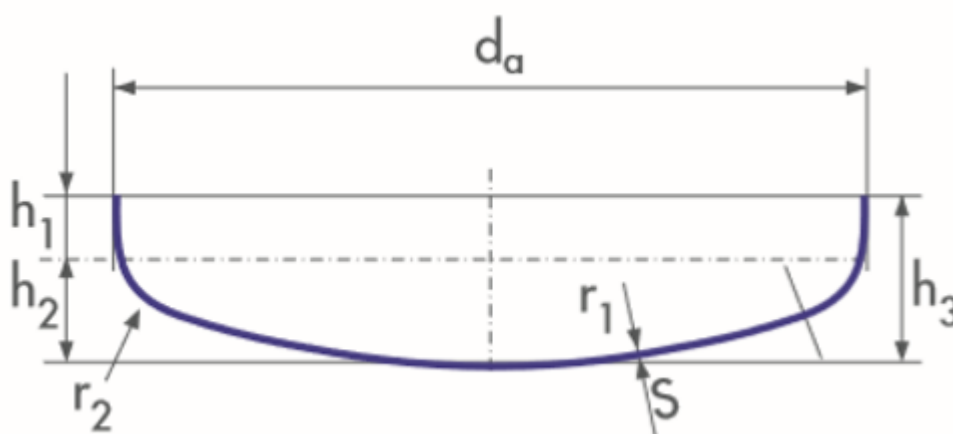


Figura 7.5. Cabezal torisférico de acuerdo a la norma DIN 28011. La S del esquema corresponde al espesor del cabezal incluyendo corrosión. (Slawinski, 2018)

A mayores, también se dimensiona de acuerdo a ASME el cabezal torisférico mediante las ecuaciones [7.16], [7.17] y [7.18]. (Sinnott, 2007)

$$Volumen = 0,08089D_i^3 \quad [7.16]$$

$$\text{Área} = 0,931d_a^2 \quad [7.17]$$

$$Altura = 0,169D_i \quad [7.18]$$

Donde:

Volumen, volumen del cabezal torisférico ASME [m³].

Área, área del cabezal torisférico ASME [m²].

Altura, altura del cabezal torisférico ASME [m].

D_i, diámetro interno normalizado [m].

d_a, diámetro externo del cabezal [m].

En la Tabla 7.21 se recogen las dimensiones del cabezal de acuerdo a ASME.

Tabla 7.21. Dimensiones del cabezal torisférico según ASME. Elaboración propia.

Volumen (m ³)	3,05
Área (m ²)	10,64
Altura (m)	0,57

Los dos cabezales antes dimensionados presentan diferencias en la geometría y sus dimensiones, aunque ambos sean de tipo torisférico cada estándar marca sus respectivas medidas; por lo tanto, existe una disparidad entre el valor de la altura total del cabezal por DIN 28011 (h₃) y el valor por ASME (Altura).

Por último, se calculará la altura total del equipo sumando la longitud total de la carcasa y la altura total de los dos cabezales torisféricos de acuerdo a la norma DIN 28011, ya que serán los cabezales empleados en la fabricación del equipo al ser aquellos de los que se conoce un mayor número de datos constructivos. Además, se conoce que el cabezal diseñado podría ser construido por el fabricante, ya que manufacturan cabezales torisféricos con diámetros desde 0,5 m hasta 5,4 m y espesores desde 3 mm hasta 30 mm. En la Tabla 7.22 se presenta la altura total de la torre de extracción T-101. (Slawinski, 2018)

Tabla 7.22. Altura total de la torre de extracción T-101. Elaboración propia

Altura total (m)	27,50
------------------	-------

7.8. Cálculo de cargas

7.8.1. Introducción

Los recipientes de proceso están sujetos a otras tensiones además de la presión interna, y deben estar preparados para poder soportar la peor combinación de tensiones sin presentar un fallo estructural. Debe suponerse un espesor inicial y a partir de él calcular si es capaz de soportar la máxima carga combinada que pudiera presentarse en equipo.

Cuando se analizan cargas combinadas deben calcularse tanto el máximo estrés a compresión como a tensión. El máximo estrés a compresión es diferente del máximo estrés a tensión y se determinan mediante el método recogido en el código ASME BPV en la sección VIII D.1 parte UG-23.

7.8.2. Cálculo de cargas para la carcasa

Las principales cargas que se van a considerar son la presión, el peso muerto del equipo y el viento. Para las ecuaciones se emplearán los datos del equipo presentados en la Tabla 7.23.

Tabla 7.23. Variables para el cálculo de cargas. Elaboración propia.

Variable	Valor
Presión diseño (bar)	4,46
Altura de la carcasa (m)	26,10
Altura total del equipo (m)	27,50
Diámetro interno (m)	3,35
Grosor (mm)	12,00
Diámetro externo (m)	3,37
Diámetro medio (m)	3,36

Las cargas longitudinal y circunferencial provocadas por la presión vienen dadas por las ecuaciones [7.19] y [7.20] respectivamente.

$$\sigma_L = \frac{PD_i}{4t} \quad [7.19]$$

$$\sigma_h = \frac{PD_i}{2t} \quad [7.20]$$

Dónde:

P: Presión interior del equipo

D_i: Diámetro interno del equipo

t: Espesor del equipo

Sustituyendo los valores en las ecuaciones [7.19] y [7.20] se obtienen las ecuaciones [7.21] y [7.22] respectivamente.

$$\sigma_L = \frac{446.000 \text{ Pa} \cdot 3,35 \text{ m}}{4 \cdot 0,012 \text{ m}} = 31.127.083,33 \text{ N/m}^2 = 31,13 \text{ N/mm}^2 \quad [7.21]$$

$$\sigma_h = \frac{446.000 \text{ Pa} \cdot 3,35 \text{ m}}{2 \cdot 0,012 \text{ m}} = 62.254.166,67 \text{ N/m}^2 = 62,25 \text{ N/mm}^2 \quad [7.22]$$

Para calcular el peso muerto del equipo se va a emplear la ecuación [7.23] considerando la densidad del acero como de 7800 kg/m³.

$$W_v = C_w \pi \rho_m D_m g (H_v + 0,8 D_m) t \cdot 10^{-3} \quad [7.23]$$

Dónde:

W_v: Peso muerto del equipo

C_w: Coeficiente de peso de componentes internos.

ρ_m: densidad del material

D_m: Diámetro medio del recipiente

g: aceleración de la gravedad

H_v: altura de la carcasa

t: espesor de la carcasa.

El coeficiente de peso de los componentes internos varía entre 1,08 para los equipos con pocos componentes internos y 1,15 para los equipos con muchos componentes internos, en este caso se va a emplear el valor de 1,08. (Sinnott, 2007)

Sustituyendo los datos de la Tabla 7.23 en la ecuación [7.23] se obtiene la ecuación [7.24].

$$W_v = 1,08 \cdot \pi \cdot 7.800 \text{ kg/m}^3 \cdot 3,36 \text{ m} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 (26,1 \text{ m} + 0,8 \cdot 3,35 \text{ m}) \cdot 12,00 \text{ mm} \cdot 10^{-3} = 301.544,79 \text{ N} \quad [7.24]$$

Una vez hallado el peso muerto del equipo puede calcularse mediante la ecuación [7.25] la carga que genera.

$$\sigma_w = \frac{W_v}{\pi(D_i + t)t} \quad [7.25]$$

$$\sigma_w = \frac{301.544,79 \text{ N}}{\pi \cdot (3.350 \text{ mm} + 12,00 \text{ mm}) \cdot 12,00 \text{ mm}} = 2,38 \text{ N/mm}^2 \quad [7.26]$$

Por último, se van a calcular las cargas debido al viento. Entre el 1 de noviembre de 1935 y el 18 de mayo de 2012 la mayor racha de viento registrada en la provincia de Cádiz fue de 146,16 km/h el 11 de octubre 2008 y la velocidad media más alta registrada fue de 92,16 km/h el 13 de noviembre de 1989. Por lo tanto, se tomará como velocidad máxima del viento 146,16 km/h a la hora de calcular la carga máxima que debe soportar el recipiente debido al viento. El momento flector originado por el viento puede verse en la Figura 7.6. (Datosclima, 2018)

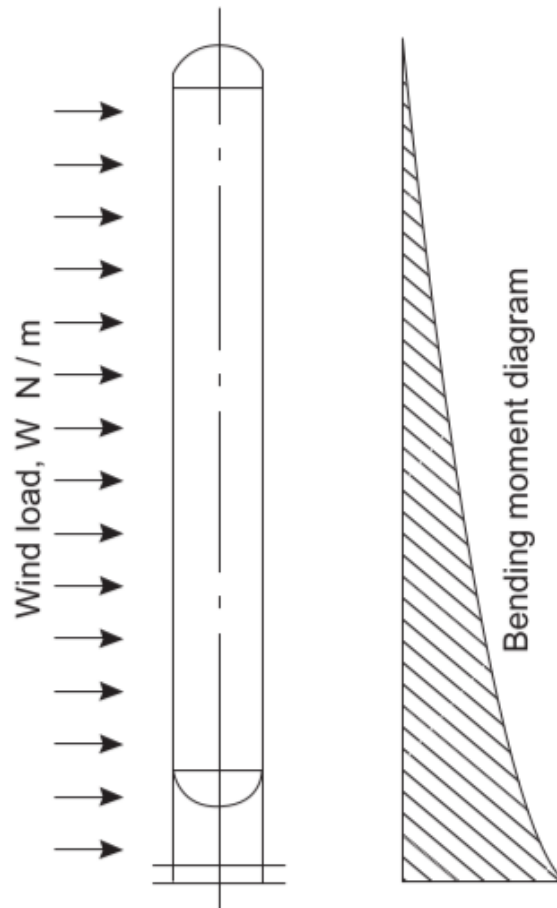


Figura 7.6. Momento flector provocado por el viento. (Sinnott, 2007)

Para calcular la presión que ejerce el viento se va a emplear la ecuación [7.27].

$$P_w = c \cdot u_w^2 \quad [7.27]$$

Donde:

P_w : Presión que ejerce el viento en N/m^2

c : Coeficiente que depende del número de accesorios acoplados a la torre

u_w : Velocidad máxima del viento en km/h .

El coeficiente c varía entre 0,05 y 0,07 dependiendo del número de accesorios que tenga acoplada la torre. En este caso se va a emplear 0,05 debido a que no tiene accesorios externos en la estructura que afecten a la carga aerodinámica de la torre. (Sinnott, 2007)

$$P_w = 0,05 \cdot (146,16 \text{ km/h})^2 = 1.068,14 \text{ N/m}^2 \quad [7.28]$$

Con los resultados de la ecuación [7.28] puede calcularse la carga de viento por metro lineal mediante la ecuación [7.29].

$$F_w = P_w \cdot D_e \quad [7.29]$$

Donde:

F_w : Carga de viento por metro lineal.

P_w : Presión del viento.

D_e : Diámetro externo del recipiente.

$$F_w = 1.068,14 \text{ N/m}^2 \cdot 3,37 \text{ m} = 3.603,90 \text{ N/m} \quad [7.30]$$

Ahora se puede calcular el momento flector con respecto al viento mediante la ecuación [7.31].

$$M_x = \frac{F_w}{2} x^2 \quad [7.31]$$

Donde:

M_x : momento flector debido al viento

F_w : carga de viento por metro lineal

x : altura de la carcasa

$$M_x = \frac{3.603,90 \text{ N/m}}{2} \cdot (26,10 \text{ m})^2 = 1.227.504,72 \text{ N} \cdot \text{m} \quad [7.32]$$

Una vez calculado el momento flector provocado por el viento en la base del recipiente puede calcularse la tensión que genera mediante las ecuaciones [7.33] y [7.35]. (Sinnott, 2007)

$$I_v = \frac{\pi}{64} (D_e^4 - D_i^4) \quad [7.33]$$

$$I_v = \frac{\pi}{64} ((3.374 \text{ mm})^4 - (3.350 \text{ mm})^4) = 1,79 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4 \quad [7.34]$$

$$\sigma_b = \pm \frac{M}{I_v} \left(\frac{D_i}{2} + t \right) \quad [7.35]$$

$$\sigma_b = \pm \frac{1.227.504,72 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 10^3}{1,79 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4} \left(\frac{3.350 \text{ mm}}{2} + 12,00 \text{ mm} \right) = \pm 11,56 \text{ N/mm} \quad [7.36]$$

Con todas las tensiones calculadas anteriormente puede calcularse la tensión longitudinal total a favor y en contra del viento mediante la ecuación [7.37].

$$\sigma_z = \sigma_L + \sigma_w \pm \sigma_b \quad [7.37]$$

A favor del viento:

$$\sigma_z = 31,13 \text{ N/mm}^2 - 2,38 \text{ N/mm}^2 + 11,56 \text{ N/mm}^2 = 40,31 \text{ N/mm}^2 \quad [7.38]$$

En contra del viento:

$$\sigma_z = 31,13 \text{ N/mm}^2 - 2,38 \text{ N/mm}^2 - 11,56 \text{ N/mm}^2 = 17,18 \text{ N/mm}^2 \quad [7.39]$$

Por último, se calcula la tensión total mediante la ecuación [7.40], que suma los efectos que se pueden ver en la Figura 7.7. (Sinnott, 2007)

$$\sigma_T = \sigma_h - \sigma_z \quad [7.40]$$

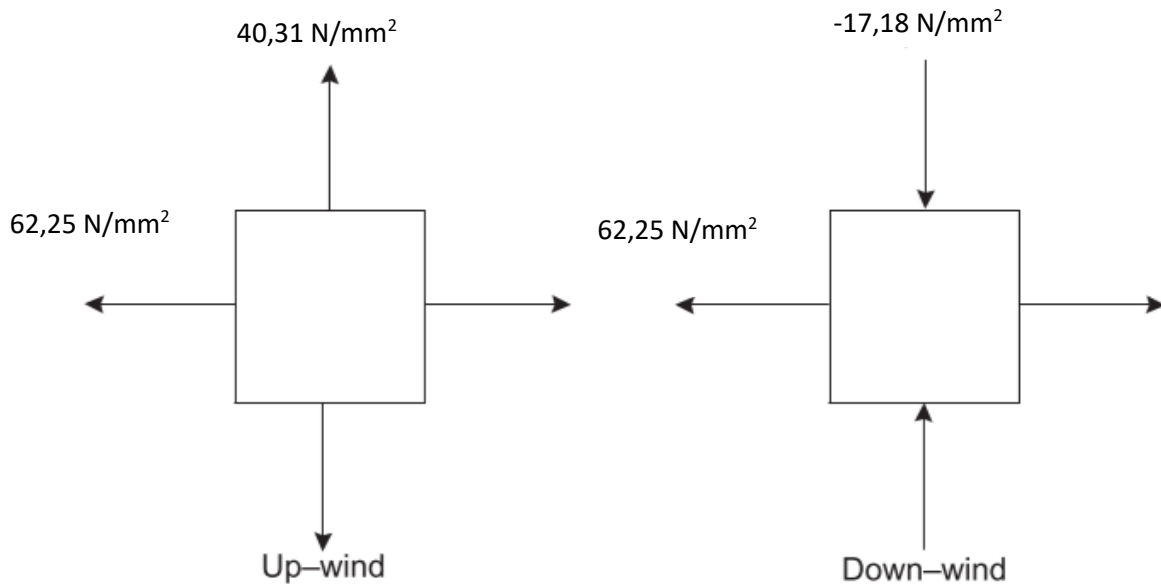


Figura 7.7. Suma de los esfuerzos sobre el recipiente. (Sinnott, 2007)

A favor del viento:

$$\sigma_T = 62,25 \text{ N/mm}^2 - 40,31 \text{ N/mm}^2 = 21,94 \text{ N/mm}^2 \quad [7.41]$$

En contra del viento:

$$\sigma_T = 62,25 \text{ N/mm}^2 - 17,18 \text{ N/mm}^2 = 45,07 \text{ N/mm}^2 \quad [7.42]$$

Estas tensiones son claramente inferiores a la resistencia del material que es de 310 N/mm².

Ahora se debe comprobar que las tensiones no superen la tensión crítica de pandeo, que se calcula mediante la ecuación [7.43]. (Sinnott, 2007)

$$\sigma_c = 2 \cdot 10^4 \left(\frac{t}{D_0} \right) \quad [7.43]$$

$$\sigma_c = 2 \cdot 10^4 \left(\frac{12,00 \text{ mm}}{3.374 \text{ mm}} \right) = 71,13 \text{ N/mm}^2 \quad [7.44]$$

Para que las tensiones no superen la tensión crítica debe cumplirse la ecuación [7.45].

$$\sigma_c > \sigma_w + \sigma_b \quad [7.45]$$

$$71,13 \text{ N/mm}^2 > 13,94 \text{ N/mm}^2 \quad [7.46]$$

7.8.3. Cálculo de cargas para el soporte

Para este recipiente se va a emplear un soporte tipo falda con las características de la Tabla 7.24.

Tabla 7.24. Variables de diseño del soporte. Elaboración propia.

Variable	Valor
Diámetro interno del soporte (m)	3,38
Espesor del soporte (mm)	12,00
Altura falda (m)	1,5
Angulo (°)	90

El grosor de la falda debe ser suficiente para soportar las cargas debido al peso y al momento flector que origina el recipiente. La Figura 7.8 muestra un esquema de cómo sería un soporte de tipo falda. (Sinnott, 2007)

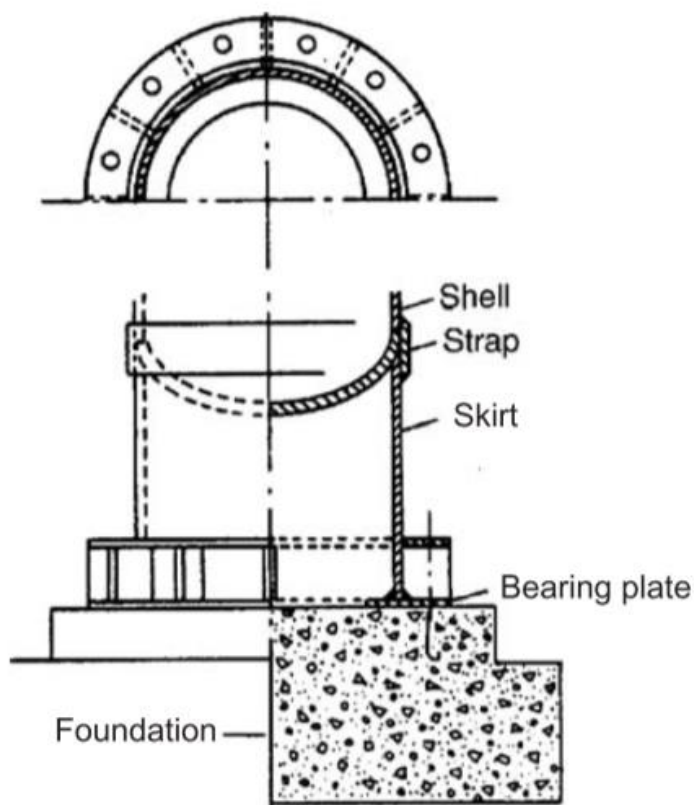


Figura 7.8. Esquema de un soporte de tipo falda. (Sinnott, 2007)

Las tensiones resultantes vienen determinadas por las ecuaciones [7.47] y [7.48]

$$\sigma_s(\text{compresión}) = \sigma_{bs} + \sigma_{ws} \quad [7.47]$$

$$\sigma_s(\text{tensión}) = \sigma_{bs} - \sigma_{ws} \quad [7.48]$$

Donde:

σ_{bs} : Tensión debida al momento flector en la falda

σ_{ws} : Tensión debida al peso del recipiente.

En este caso para calcular los esfuerzos debido al peso del equipo se va a sumar el peso muerto del equipo calculado en el apartado anterior el resultado de considerar que este está lleno de la mezcla de MEG, agua y furfural, para ello se empleará la ecuación [7.49]. (Sinnott, 2007)

$$W_A = \pi \cdot \left(\frac{D_i}{2}\right)^2 \cdot H_v \cdot \rho_A \cdot g \quad [7.49]$$

Dónde:

W_A : Peso del agua

D_i : Diámetro interno del recipiente

H_v : altura de la carcasa

ρ_A : densidad del agua

g : aceleración de la gravedad

$$W_A = \pi \cdot \left(\frac{3,35 \text{ m}}{2} \right)^2 \cdot 26,1 \text{ m} \cdot 1.000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 2.256.778,89 \text{ N} \quad [7.50]$$

También se debe tener en cuenta el peso del relleno para lo que se va a emplear la ecuación [7.51].

$$W_R = \pi \cdot \left(\frac{D_i}{2} \right)^2 \cdot H_R \cdot \rho_R \cdot g \cdot (1 - \varepsilon) \quad [7.51]$$

Donde:

W_R : Peso del relleno

D_i : Diámetro interno

ρ_R : Densidad del relleno

g : Aceleración de la gravedad

ε : Fracción vacía del relleno

$$W_R = \pi \cdot \left(\frac{3,35}{2} \right)^2 \cdot 20,2 \text{ m} \cdot 7850 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot (1 - 0,95) = 685.550,63 \text{ N} \quad [7.52]$$

En base a las ecuaciones [7.24], [7.50] y [7.51] se obtiene la ecuación [7.53] para calcular el peso total del equipo.

$$W_T = W_v + W_A + W_R \quad [7.53]$$

$$W_T = 301.544,79 \text{ N} + 2.256.778,89 \text{ N} + 685.550,63 \text{ N} = 3.452.626,35 \text{ N} \quad [7.54]$$

Las tensiones debidas al peso se calculan mediante las ecuaciones [7.55] y [7.58].

$$\sigma_{bs} = \frac{4 \cdot M_s}{\pi(D_s + t_s)t_s D_s} \quad [7.55]$$

$$M_s = \frac{3.603,90 \text{ N/m}}{2} \cdot (29,00 \text{ m})^2 = 1.515.437,92 \text{ N} \cdot \text{m} \quad [7.56]$$

$$\sigma_{bs} = \frac{4 \cdot 1.515.437,92 \text{ N} \cdot \text{m}}{\pi \cdot (3,38 \text{ m} + 0,012 \text{ m}) \cdot 0,012 \text{ m} \cdot 3,38 \text{ m}} = 14.036.997,39 \text{ N/m}^2 = 14,04 \text{ N/mm}^2 \quad [7.57]$$

$$\sigma_{ws} = \frac{W}{\pi(D_s + t_s)t_s} \quad [7.58]$$

$$\sigma_{ws} = \frac{3.452.626,35 \text{ N}}{\pi \cdot (3,38 \text{ m} + 0,012 \text{ m}) \cdot 0,012 \text{ m}} = 27.011.714,53 \text{ N/m}^2 = 27,01 \text{ N/mm}^2 \quad [7.59]$$

Por lo que la tensión quedaría como se puede ver en las ecuaciones [7.60] y [7.61].

$$\sigma_s(\text{compresión}) = 14,04 \text{ N/mm}^2 + 27,01 \text{ N/mm}^2 = 41,05 \text{ N/mm}^2 \quad [7.60]$$

$$\sigma_s(\text{tensión}) = 14,04 \text{ N/mm}^2 - 27,01 \text{ N/mm}^2 = -12,97 \text{ N/mm}^2 \quad [7.61]$$

Por último, debe comprobarse que la falda cumple los requisitos de resistencia mediante las ecuaciones [7.62] y [7.63].

$$\sigma_s(\text{tensión}) \leq S_s \cdot E \cdot \text{sen}(\theta_s) \quad [7.62]$$

$$\sigma_s(\text{compresión}) < 0,125 E_Y \left(\frac{t_s}{D_s} \right) \text{sen} \theta_s \quad [7.63]$$

Donde:

E: Eficiencia de la soldadura.

E_Y: Módulo de Young.

S_s: Resistencia del material.

En este caso, se considerará una eficiencia de soldadura de 0,85 y como material acero al carbono con una resistencia de 135 N/mm².

$$-12,97 \text{ N/mm}^2 \leq 135 \text{ N/mm}^2 \cdot 0,85 \cdot \text{sen}(90^\circ) \quad [7.64]$$

$$-12,97 \text{ N/mm}^2 \leq 114,75 \text{ N/mm}^2 \quad [7.65]$$

$$41,05 \text{ N/mm}^2 < 0,125 \cdot 193.742,68 \cdot \left(\frac{12,00 \text{ mm}}{3.380 \text{ mm}} \right) \cdot \text{sen}(90^\circ) \quad [7.66]$$

$$41,05 \text{ N/mm}^2 < 86,02 \text{ N/mm}^2 \quad [7.67]$$

Puede concluirse que la falda cumple ampliamente con los requisitos de tensión y podría emplearse un grosor menor, no obstante, se recomienda que la falda sea al menos del grosor del recipiente. (Sinnott, 2007)

8. BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. *Boiler and Pressure Vessel Code. Section VII. Division 1. Rules for Construction of Pressure Vessels.* 2010.

ASHBY, M. F. *Material Selection in Mechanical Design.* Reino Unido: Elsevier Butterworth Heinemann, Oxford, 3ª Edición, 2005. ISBN: 978-1-85617-663-7.

ATLAS STEELS AUSTRALIA. *Stainless Steel - Grade 304.* 2018.

COULSON, J. M. Y RICHARDSON, J. F. *Chemical Engineering. Volume 2. Particle Technology and Separation Processes.* Estados Unidos: Butterworth-Heinemann, 5ª Edición, 2002. ISBN: 0-7506-4445-1.

CROWLD, D. A., LOUVAR, J. F. *Chemical process safety.* Estados Unidos: Prentice Hall, 3ª Edición, 2011. ISBN: 978-0-138226-8.

DATOSCLIMA. *Datos AEMET Viento.* [En línea] [Consultado: 29 Mayo 2018] Disponible en: <https://datosclima.es/Aemethistorico/Vientostad.php>

FOLAS, G. K., KONTOGEORGIS, G. M., MICHELSEN, M.L., STENBY, E.H. Y SOLBRAA, E. Liquid-Liquid Equilibria for Binary and Ternary Systems Containing Glycols, Aromatic Hydrocarbons, and Water: Experimental Measurements and Modeling with the CPA EoS. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 2006. DOI: 10.1021/je050485c. Volumen 51, Sección 3, pp. 977-983.

FREIRE, M.S. *TEMA 5. DISEÑO DE RECIPIENTES DE PROCESO.* 2017

HENLEY, E. J. Y SEADER, J.D. *Equilibrium-Stage Separation Operations in Chemical Engineering.* Estados Unidos: John Wiley & Sons, 1ª Edición, 1981. ISBN: 978-0-471-37108-4

MAKEITFROM. *ASTM A285 Grade A Carbon Steel.* 2018. [En línea] [Consultado el 21 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://www.makeitfrom.com/material-properties/ASTM-A285-Grade-A-Carbon-Steel>

MATWEB. *ASTM A285, Grade A.* 2018. [En línea] [Consultado el 21 de mayo de 2018]. Disponible en: http://www.matweb.com/search/datasheet_print.aspx?matguid=39d0951d549040a29af165f9cc38bfd7

KÜNKEL, A., BECKER, J., BÖRGER, L., HAMPRECHT, J., KOLTZENBURG, S., LOOS, R., SCHICK, M. B., SHLEGEL, K., SINKEL, C., SKUPIN, G. Y YAMAMOTO, M. *Biodegradable Polymers*. Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2016. DOI: 10.1002/14356007.

PERRY, R. H., Y GREEN, D. W. *Perry's Chemicals Engineers' Handbook*. Estados Unidos: McGraw Hill, 7ª Edición, 1997. ISBN: 0-07-115448-5

SINNOTT, R. y TOWLER, G. *CHEMICAL ENGINEERING DESIGN. Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design*. 1ª Edición. Estados Unidos de América: Elsevier, 2007. ISBN 13: 978-0-7506-8423-1.

SLAWINSKI. *Torispherical head according to DIN 28011* [En línea]. [Consultado: 15 Mayo 2018]. Disponible en: <http://www.slawinski.co.uk/products/torispherical-heads/>

SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY. *PBT assessment & Category Approach*. [En línea] [Consultado: 21 mayo 2018] Disponible en: http://reach.setac.eu/embed/presentations_reach/18_KOCH_PBT_Assessment.pdf

SØRENSEN, J. M. Y ARLT, W. *Liquid-Liquid Equilibrium Data Collection. Ternary Systems. Volume V, Part 2*. Alemania: DECHEMA, 1ª Edición, 1980. ISBN: 3-921-567-18-1.

SULZER. *Comunicación personal*. 2018.

TOWLER, G. Y SINNOTT, R. *Chemical Engineering Design. Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design*. Estados Unidos: Elsevier, 1ª Edición, 2008. ISBN 13: 978-0-7506-8423-1.

TREYBAL, R. E. *Extracción en Fase Líquida*. Mexico: Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, 1ª Edición, 1968. Traducción de: Liquid Extraction, McGraw Hill, 2ª Edición.

TURTON, R., BAILIE, R. C., WHITING, W. B., SHAEIWITIZ, J. A. Y BHATTACHARYYA, D. *Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes*. Estados Unidos: Prentice Hall, 4ª Edición, 2012. ISBN 13: 978-0-13-261812-0

WALAS, S. M. *Chemical Process Equipment. Selection and Design*. Estados Unidos: Butterworth-Heinemann, 1ª Edición, 1990. ISBN: 0-7506-9385-1

WANKAT, P. C. *Separation Process Engineering*. Estados Unidos: Prentice Hall, 3ª Edición, 2012. ISBN 13: 978-0-13-138227-5

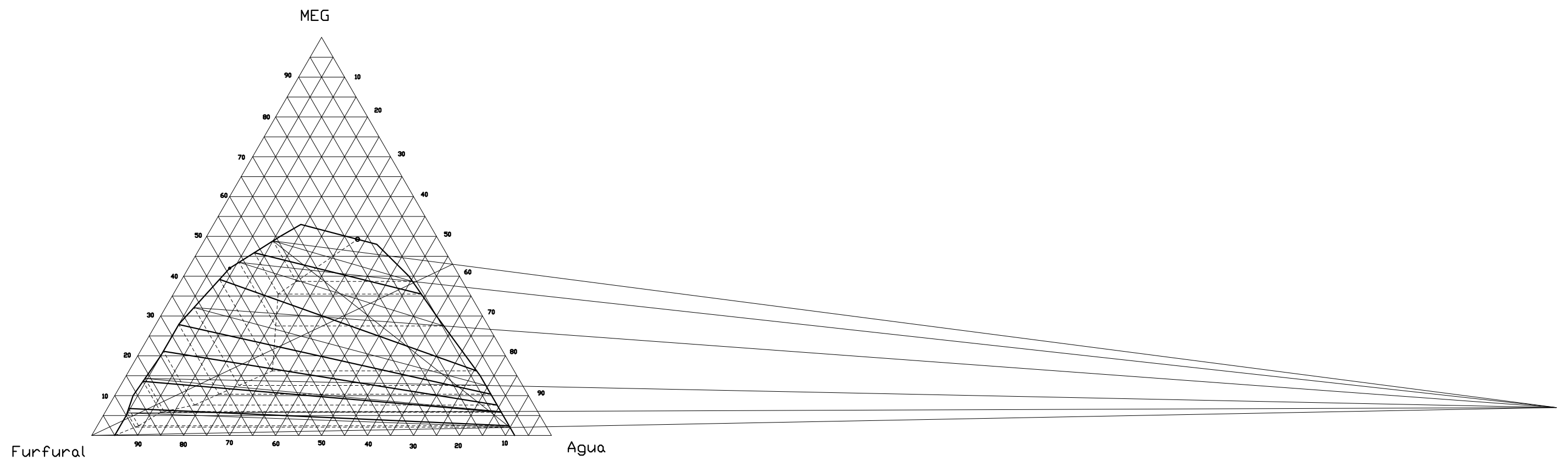


Figura 4.2. Cálculo del número de etapas teóricas. Elaboración propia a partir de Henley et col., 1981

PARTE C.

INTERCAMBIADOR DE CALOR H-103

Planta de producción de etil-glicol (etano-1,2-diol) a partir de
óxido de etileno

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	2
2. CÁLCULO DEL ÁREA	2
3. BIBLIOGRAFÍA	10

1. INTRODUCCIÓN

En este apartado aparecen los cálculos justificativos del área necesaria para el intercambiador H-103 como ya se mencionó en el Anexo I del presente documento y dónde aparece reflejado el balance de energía para este intercambiador.

2. CÁLCULO DEL ÁREA

Para el cálculo del área se empleará el método de la temperatura media logarítmica y se calculará el intercambiador con un paso por carcasa y dos por tubos. Por la carcasa circulará la corriente pura de furfural por ser la de menor caudal. En las ecuaciones [2.1], [2.2] y [2.3] aparecen reflejados las ecuaciones para calcular la temperatura media logarítmica y los factores de corrección asociados al tipo de intercambiador.

$$\Delta T_{mlog} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} = \frac{(162^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C}) - (39^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})}{\ln \frac{162^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C}}{39^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}}} = 44,31^\circ\text{C} \quad [2.1]$$

$$S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} = \frac{60^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}}{162^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}} = 0,26 \quad [2.2]$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} = \frac{162^\circ\text{C} - 39^\circ\text{C}}{60^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}} = 3,51 \quad [2.3]$$

Una vez calculada la temperatura media logarítmica y sus factores de corrección se emplea la Figura 2.1 para conocer el valor por el que hay que multiplicar la temperatura media logarítmica para obtener la temperatura media, como se puede ver en la ecuación [2.4].

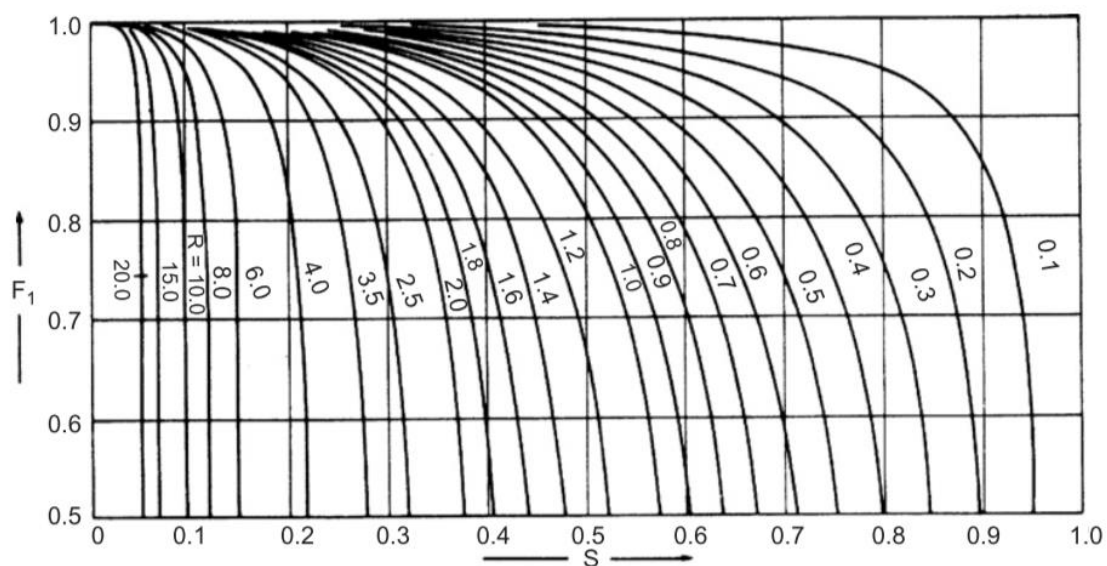


Figura 2.1. Factor de corrección para la temperatura media. (Sinnott et col., 2007)

$$F_1 = 0,85 \Rightarrow \Delta T_m = 37,66^\circ\text{C} \quad [2.4]$$

Las propiedades de las disoluciones se han calculado empleando en Software Aspen HYSYS y el paquete termodinámico NRTL a las condiciones de presión y temperatura medias en el intercambiador y pueden verse en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Propiedades de los compuestos. Elaboración propia

Propiedad	Corriente 10	Corriente 15
Densidad (kg/m^3)	1.071,00	1.044,00
Viscosidad (cP)	2,702	0,825
Calor específico ($\text{kJ/kmol}\cdot\text{K}$)	133,20	186,00
Conductividad térmica ($\text{W/m}\cdot\text{K}$)	0,292	0,128

Una vez conocida la temperatura media, es necesario emplear una estimación del coeficiente global de transmisión de calor mediante la Figura 2.2 para un cálculo inicial del área necesaria, en este caso se ha seleccionado un valor de $750 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

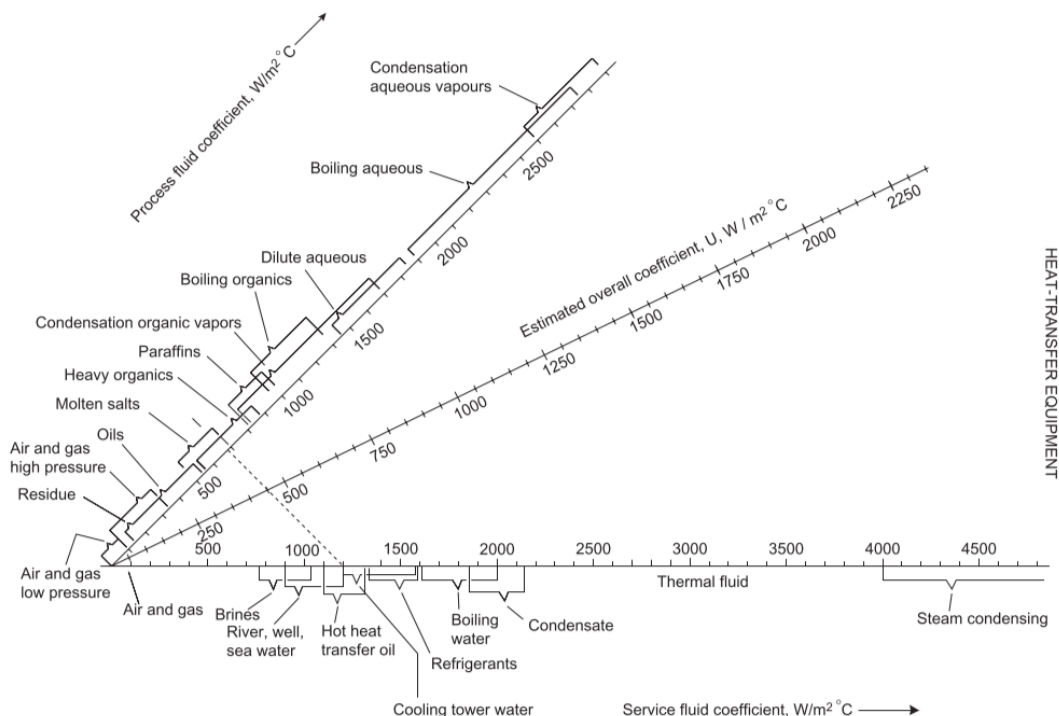


Figura 2.2. Nomograma para el coeficiente global de transmisión de calor. (Sinnott et col., 2007)

Una vez se han obtenido los datos, se puede calcular mediante la ecuación [2.5] el área necesaria para la transmisión de calor.

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T \Rightarrow A = \frac{q}{U \cdot \Delta T} = \frac{5,06 \cdot 10^6 \text{ W}}{750 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C}} \cdot 37,66 \text{ °C}} = 179,25 \text{ m}^2 \quad [2.5]$$

Para este intercambiador se han seleccionado unos tubos con las propiedades de la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Propiedades de los tubos. Elaboración propia

Propiedad	Valor
d_o (mm)	19,05
d_i (mm)	14,83
Longitud (m)	5,00
Material	Acero al carbono
Conductividad térmica ($\text{W/m}\cdot\text{K}$)	50,00
Pitch (mm)	23,81

A partir de las propiedades de los tubos se calculará el área de cada uno de ellos para poder conocer el número de tubos necesarios en las ecuaciones [2.6], [2.7] y [2.8].

$$A_{Tubo} = \pi \cdot d_0 \cdot L_{Tubo} = \pi \cdot 19,05 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 5 \text{ m} = 0,30 \text{ m}^2 \quad [2.6]$$

$$\frac{A_T}{A_{Tubo}} = N_{Tubo} \Rightarrow \frac{179,25 \text{ m}^2}{0,30 \text{ m}^2} = 597,5 \text{ tubos} \approx 598 \text{ tubos} \quad [2.7]$$

$$\frac{598 \text{ tubos}}{2 \text{ pasos}} = 299 \text{ tubos/paso} \quad [2.8]$$

A partir de los datos del número de tubos y sus propiedades se puede calcular la velocidad del líquido en los tubos mediante las ecuaciones [2.9], [2.10] y [2.11].

$$A_{Transversal} = \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} = \frac{\pi \cdot (14,83 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2)^2}{4} = 1,73 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad [2.9]$$

$$A_{paso} = 299 \text{ tubos} \cdot 1,73 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 0,052 \text{ m}^2 \quad [2.10]$$

$$v_T = \frac{\frac{204.942,39 \text{ kg/h}}{1071 \text{ kg/m}^3 \cdot 3600 \text{ s/h}}}{0,052 \text{ m}^2} = 1,02 \text{ m/s} \quad [2.11]$$

El valor de velocidad en los tubos se encuentra dentro del intervalo aceptable.

Para el cálculo del diámetro del haz de tubos, se debe recurrir a la ecuación [2.12] empleando los datos de la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Constantes para el diámetro de la carcasa. (Sinnott et col., 2007)

Pitch triangular	1	2	4	6	8
K₁	0,319	0,249	0,175	0,0743	0,0365
n₁	2,142	2,207	2,285	2,499	2,675

$$d_b = d_0 \left(\frac{N_T}{K_1} \right)^{1/n_1} = 19,05 \text{ mm} \left(\frac{299 \text{ tubos}}{0,249} \right)^{1/2,207} = 473,39 \text{ mm} \quad [2.12]$$

Una vez calculado el diámetro del haz de tubos puede calcularse el diámetro de la carcasa sumándole en la ecuación [2.12] el valor de luz obtenida en la Figura 2.3 para un cabezal flotante de anillo partido, ver ecuación [2.13].

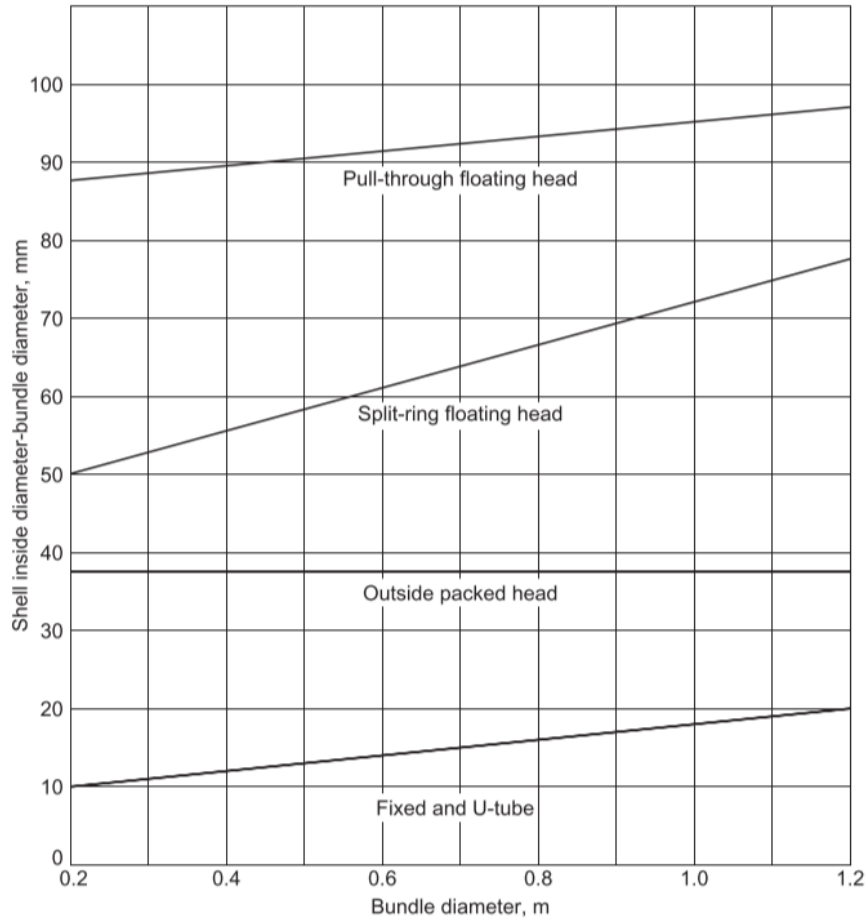


Figura 2.3. Luz de la carcasa. (Sinnott et col., 2007)

$$D_s = 473,39 \text{ mm} + 58 \text{ mm} = 531,39 \text{ mm} \quad [2.13]$$

Con los datos de los tubos y carcasa pueden calcularse el número de Reynolds y el número de Prandtl, mediante las ecuaciones [2.14] y [2.15].

$$Re = \frac{v \cdot d_i \cdot D}{\mu} = \frac{1,02 \text{ m/s} \cdot 14,83 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 1071 \text{ kg/m}^3}{2,702 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 5995,78 \quad [2.14]$$

$$Pr = \frac{C_p \cdot \mu}{K} = \frac{133,2 \text{ kJ/kmol} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 2,702 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}}{0,2918 \text{ W/m} \cdot \text{K}} = 1,23 \quad [2.15]$$

$$L/d_i = \frac{5.000 \text{ mm}}{14,83 \text{ mm}} = 337,2 \quad [2.16]$$

Una vez hallados los números de Reynolds y Prandtl, mediante la Figura 2.4 pueden calcularse el número de Nusselt y el coeficiente de convección en el interior de los tubos mediante las ecuaciones [2.17] y [2.18].

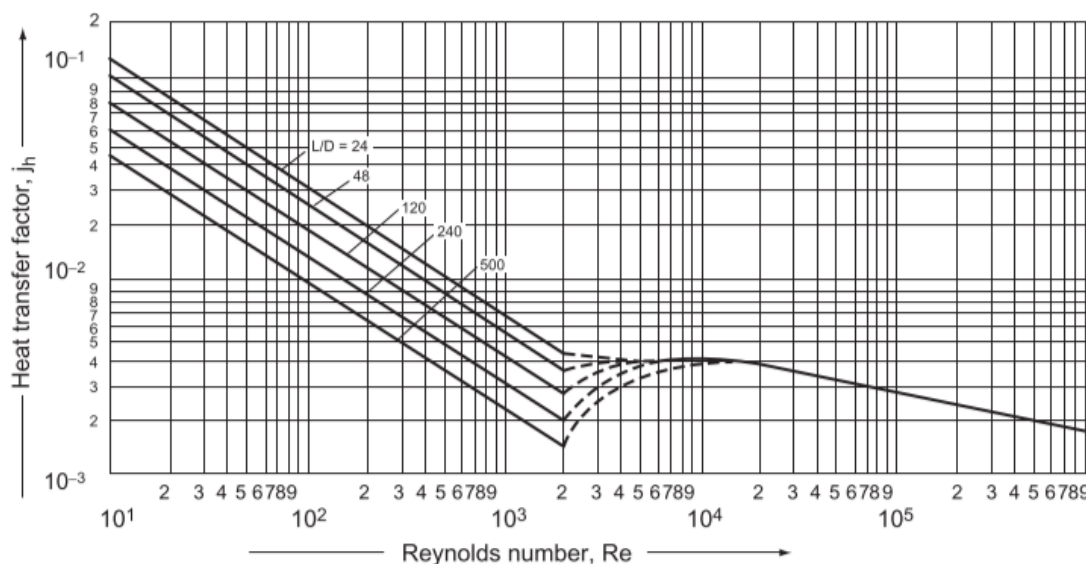


Figura 2.4. Factor de transferencia de calor para los tubos. (Sinnott et col., 2007)

$$Nu = j_h \cdot Re \cdot Pr^{0,33} = 4 \cdot 10^{-3} \cdot 5995,78 \cdot 1,23^{0,33} = 25,68 \quad [2.17]$$

$$Nu = \frac{h_i \cdot d_i}{K} \Rightarrow h_i = \frac{25,68 \cdot 0,2918 \text{ W/m} \cdot \text{K}}{14,83 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 505,29 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \quad [2.18]$$

Una vez calculado el coeficiente de convección de los tubos debe calcularse el coeficiente de convección para la carcasa, para lo que será necesario calcular la velocidad del fluido dentro de la carcasa y los números de Reynolds y Prandtl. Se va a suponer la presencia de 5 deflectores.

$$l_b = \frac{D_s}{5} = \frac{531,39 \text{ mm}}{5} = 106,28 \text{ mm} \quad [2.19]$$

$$A_s = \frac{(P_T - d_0) \cdot D_s \cdot l_b}{P_T} = \frac{(23,81 \text{ mm} - 19,05 \text{ mm}) \cdot 531,39 \text{ mm} \cdot 106,28 \text{ mm}}{23,81 \text{ mm}} = 11290,5 \text{ mm}^2 \quad [2.20]$$

$$v_s = \frac{\frac{69.931,65 \text{ kg/h}}{1044 \text{ kg/m}^3 \cdot 3600 \text{ s/h}}}{11290,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} = 1,65 \text{ m/s} \quad [2.21]$$

La velocidad del fluido dentro de la carcasa es algo elevada por lo que podría ser necesario incrementar la luz del haz de tubos con el objeto de incrementar el área de paso y por lo tanto disminuir la velocidad.

$$d_e = \frac{1,1}{19,05} ((23,81 \text{ mm})^2 - 0,917 \cdot (19,05 \text{ mm})^2) = 13,52 \text{ mm} \quad [2.22]$$

$$Re = \frac{v \cdot d_e \cdot D}{\mu} = \frac{1,65 \text{ m/s} \cdot 13,52 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 1044 \text{ kg/m}^3}{0,825 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 28.229,8 \quad [2.23]$$

$$Pr = \frac{C_p \cdot \mu}{K} = \frac{186,0 \text{ kJ/kmol} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 0,825 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}}{0,1275 \text{ W/m} \cdot \text{K}} = 1,20 \quad [2.24]$$

Como en el caso de los tubos, una vez conocidos el Reynold y el Prandtl, puede calcularse mediante la Figura 2.5 suponiendo que el corte de los deflectores es de un 35%, y mediante las ecuaciones [2.25] y [2.26] calcular el coeficiente de convección en el interior de la carcasa.

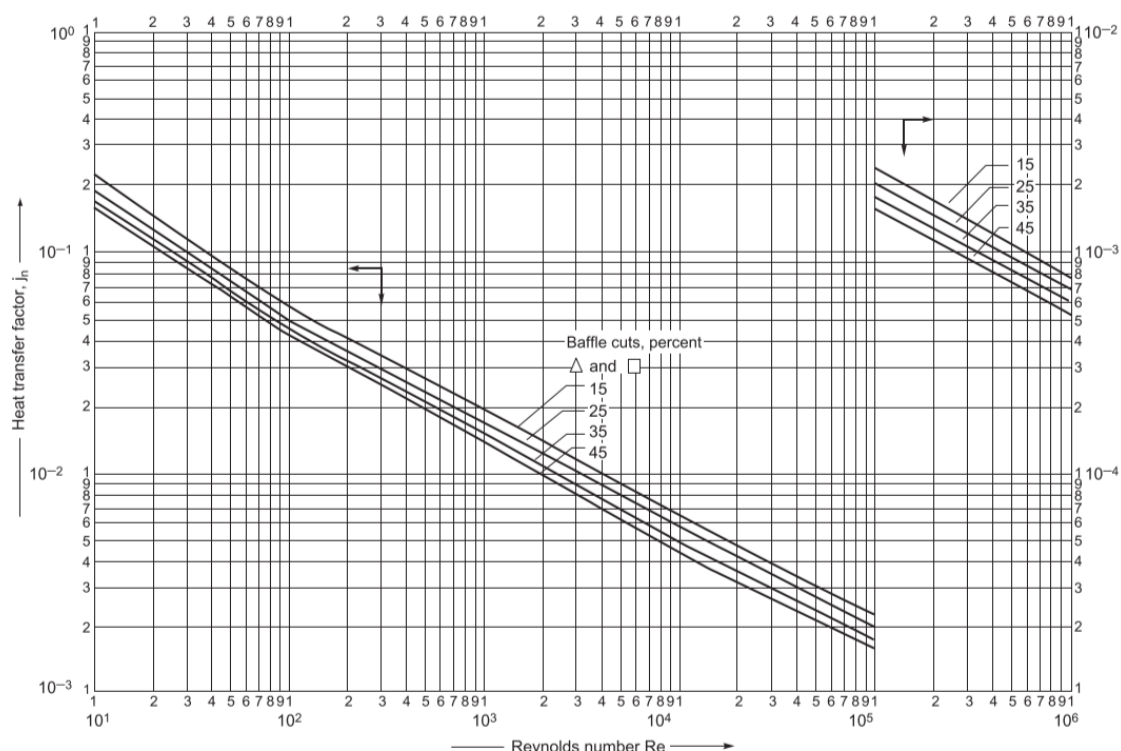


Figura 2.5. Factor de transferencia de calor para la carcasa. (Sinnott et col., 2007)

$$Nu = j_h \cdot Re \cdot Pr^{0,33} = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 28.229,8 \cdot 1,20^{0,33} = 89,94 \quad [2.25]$$

$$Nu = \frac{h_o \cdot d_e}{K} \Rightarrow h_o = \frac{89,94 \cdot 0,1275 \text{ W/m} \cdot \text{K}}{13,52 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 848,19 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \quad [2.26]$$

Ahora que ya ha sido estimado el coeficiente de convección de la carcasa y de los tubos puede calcularse el nuevo coeficiente global de transmisión de calor mediante la ecuación [2.27].

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_0} + \frac{d_0 \cdot \ln\left(\frac{d_o}{d_i}\right)}{2 \cdot k_w} + \frac{d_o}{d_i} \cdot \frac{1}{h_i} \quad [2.27]$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{U} &= \frac{1}{848,19 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}} + \frac{19,05 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \ln\left(\frac{19,05 \text{ mm}}{14,83 \text{ mm}}\right)}{2 \cdot 50 \text{ W/m} \cdot \text{K}} + \frac{19,05 \text{ mm}}{14,83 \text{ mm}} \cdot \frac{1}{505,29 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}} \\ \Rightarrow U &= 265,31 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \quad [2.28] \end{aligned}$$

Con el nuevo coeficiente de transmisión de calor difiere en más de un 30% de la estimación original debe recalcularse el área con la ecuación [2.5], con lo que se obtiene la ecuación [2.29].

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T \Rightarrow A = \frac{q}{U \cdot \Delta T} = \frac{5,06 \cdot 10^6 \text{ W}}{265,31 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 37,66^\circ\text{C}} = 514,47 \text{ m}^2 \quad [2.29]$$

Por lo tanto, el área final del intercambiador de calor será de 514,47 m².

3. BIBLIOGRAFÍA

SINNOTT, R. y TOWLER, G. *CHEMICAL ENGINEERING DESIGN. Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design*. 1ª Edición. Estados Unidos de América: Elsevier, 2007. ISBN 13: 978-0-7506-8423-1.

PERRY, R. H. Y GREEN, D. W. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 7ª Edición. Estados Unidos de América: McGraw-Hill, 1999. ISBN: 0-07-115448-5.

PARTE D. VÁLVULA DE ALIVIO PSV-108

Planta de producción de etil-glicol (etano-1,2-diol) a partir de
óxido de etileno

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	2
2. DEFINICIONES.....	2
3. DIMENSIONADO Y DISEÑO	6
4. BIBLIOGRAFÍA.....	12

1. INTRODUCCIÓN

En la industria es normal la utilización de equipos que operan a presión y que pueden verse sometidos por diversas causas a presiones superiores a las de diseño, con el consecuente riesgo de fallo mecánico y explosión.

Para prevenir esta situación se deben instalar en estos equipos algún sistema para permitir la descarga del contenido en el caso de que se den presiones excesivamente elevadas como válvulas de alivio o discos de ruptura.

Actualmente es de aplicación el Real Decreto de 2060/2008, del 12 de diciembre, donde se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias, y en el Real Decreto 2085/1994, de 20 de octubre, donde se aprueba el Reglamento de instalaciones petrolíferas y se especifica que: “Las fórmulas apropiadas para el dimensionamiento de las válvulas de seguridad serán de códigos reconocidos, tales como API, ASME, NFPA, etc.”. (RD 2060/2008, de 12 de diciembre) (RD 2085/1994, de 20 de octubre)

En este caso se va a emplear para el dimensionamiento de las válvulas de alivio el procedimiento descrito en la norma *API Recommended Practice 520. Sizing, Selection, and installations of Pressure-Relieving Devices in Refineries*, la cual está en conformidad con el Código ASME BPV. (American Petroleum Institute, 2000)

2. DEFINICIONES

- Dispositivo para aliviar presión: Dispositivo actuado por la presión estática interior y diseñado para abrirse durante emergencias o condiciones anormales para impedir un incremento en la presión del fluido interno sobre el valor especificado de diseño.
- Válvula de alivio de presión: Dispositivo de alivio de presión diseñado para abrirse y liberar exceso de presión y con capacidad para volver a cerrarse para impedir que continúe el flujo de fluido cuando se restauran las condiciones normales. En la Figura 2.1 puede verse un esquema de una válvula de alivio.
 - Válvula de alivio: Es una válvula de muelle de alivio de presión activada por la presión estática corriente arriba de la válvula. La válvula se abre normalmente de manera proporcional al incremento de presión. Las válvulas de alivio se emplean principalmente con fluidos incompresibles.

- Válvula de seguridad: Es una válvula de muelle de alivio de presión activada por la presión estática corriente arriba de la válvula, se caracteriza por una apertura rápida. Las válvulas de seguridad se suelen emplear con fluidos compresibles.
- Válvula de alivio de seguridad: Es una válvula de muelle de alivio de presión que puede ser usada como válvula de seguridad o válvula de alivio.
- Válvula convencional de alivio de presión: Es una válvula de muelle de alivio de presión cuyas características operacionales se ven afectadas directamente por cambios en la contrapresión.
- Válvula de alivio de presión equilibrada: Es una válvula de muelle de alivio de presión que incorpora un fuelle u otro sistema para minimizar el efecto de la contrapresión en las características operativas de la válvula.
- Válvula de alivio operada mediante piloto: Es una válvula de alivio de presión en la cual el principal dispositivo de alivio o válvula principal se combina con y es controlada por una válvula auxiliar auto-accionada (piloto).

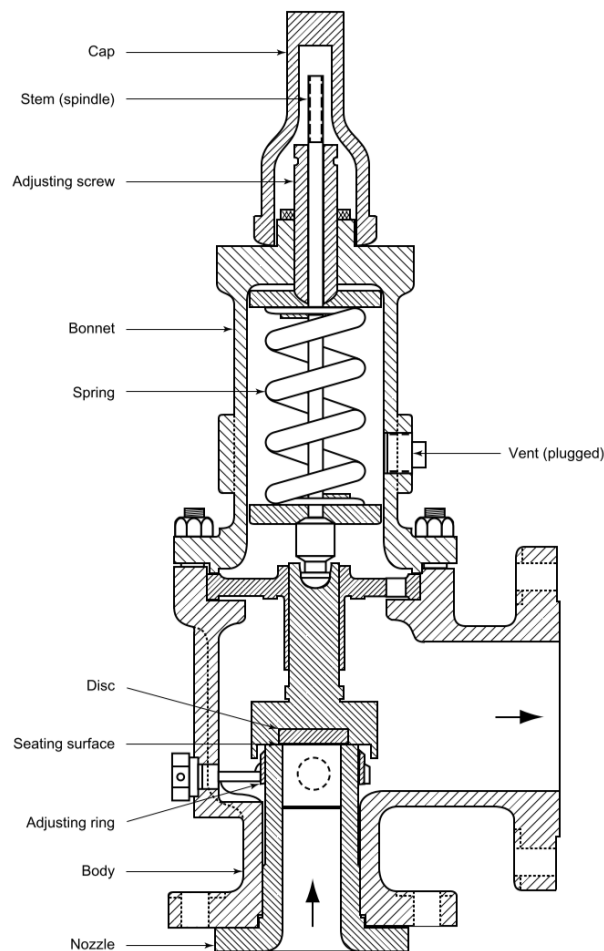


Figura 2.1. Esquema de una válvula de alivio. (American Petroleum Institute, 2000)

- Dispositivo de alivio de presión no-cerrable: Es un dispositivo de alivio de presión que permanece abierto después de su operación. Debe emplearse un método manual de reinicio.
- Disco de ruptura: Dispositivo de alivio de presión que no se vuelve a cerrar después de su activación, está actuado por la diferencia estática de presión entre la parte interior y exterior de un recipiente y diseñado para funcionar mediante el estallido del disco de ruptura. El equipo del disco de rotura incluye el disco de ruptura y la sujeción del disco de ruptura.
 - Disco de ruptura: Es el dispositivo encargado de contener la presión, sensible a los cambios de presión y temperatura.
 - Soporte del disco de ruptura: Es el dispositivo que encierra el disco que encierra y afianza el disco de ruptura en suposición
 - Disco de ruptura sin fragmentación: Un disco de ruptura sin fragmentación es un disco de ruptura diseñado y manufacturado para ser instalado corriente arriba de otros componentes de tuberías, como válvulas de alivio de presión, que no perjudica la acción de esos componentes cuando se rompe el disco.
 - Dispositivo actuado mediante clavija: Es un dispositivo de alivio de presión que no se vuelve a cerrar accionado por la presión estática del interior de recipiente y diseñado para funcionar mediante el doblado o rotura de una clavija que sujeta un pistón o un tapón. Después del doblado o rotura, el pistón o tapón se desplaza a su posición completamente abierta.
- Área de descarga real: El área neta mínima que determina el flujo a través de la válvula
- Área de descarga efectiva: El área de descarga nominal o calculada mediante un coeficiente de descarga efectivo para calcular la capacidad mínima de alivio para una válvula de alivio de presión por las ecuaciones de diseño preliminares.
- Mínima área neta de flujo: Es el área neta calculada después de la ruptura de un disco de ruptura con la tolerancia adecuada para cualquier miembro estructural que pueda reducir el flujo neto a través del disco de ruptura. El área neta de flujo para dimensionamiento no debe exceder el área nominal de tubería del disco de ruptura.
- Coeficiente de descarga: El ratio entre el flujo másico en una válvula con respecto al flujo ideal en una boquilla. Se emplea para calcular el flujo a través de un dispositivo de alivio de presión.
 - Coeficiente de descarga efectivo: Es el valor nominal que se emplea junto el área de descarga efectiva para calcular la capacidad mínima requerida de alivio de

presión. Esta capacidad se determina de acuerdo con las ecuaciones de dimensionamiento preliminar.

- Coeficiente nominal de descarga: Se determina de acuerdo con el código o regulación aplicable y se usa con el área de descarga real para calcular la capacidad de descarga nominal de una válvula de alivio de presión.
- Presión máxima de operación: Presión máxima esperada durante la operación normal de proceso
- Máxima presión permisible de operación (MAWP): Es la máxima presión manométrica permisible en la parte superior de un recipiente terminado coincidente con la temperatura especificada para esa presión.
- Presión de diseño: Se emplea junto con la temperatura de diseño para determinar el grosor mínimo permisible y las características físicas de cada componente del recipiente. La presión seleccionada debe proporcionar un margen suficiente sobre la máxima presión esperada durante la operación normal del proceso coincidente con su temperatura correspondiente. Es menor o igual a la máxima presión permisible de operación.
- Acumulación: es el incremento de presión sobre la presión máxima permisible de operación permitida durante la descarga a través del dispositivo de alivio de presión, expresada como porcentaje de la presión máxima permisible de operación o de la presión de diseño. La acumulación máxima permisible se establece mediante los códigos aplicables para operación de emergencia y contingencias de fuego.
- Sobrepresión: Es el incremento de presión sobre la presión nominal del dispositivo de alivio de presión permisible para conseguir el flujo nominal. La sobrepresión se expresa en unidades de presión o como porcentaje de la presión nominal. Coincide con la acumulación únicamente cuando el dispositivo de alivio se establece para abrirse a la máxima presión permisible de operación del recipiente.
- Capacidad de alivio nominal: Es la capacidad de alivio usada como base en la aplicación del código o regulación del dispositivo de alivio y es proporcionada por el fabricante.

(American Petroleum Institute, 2000)

En la Figura 2.2 puede verse la relación entre las distintas presiones.

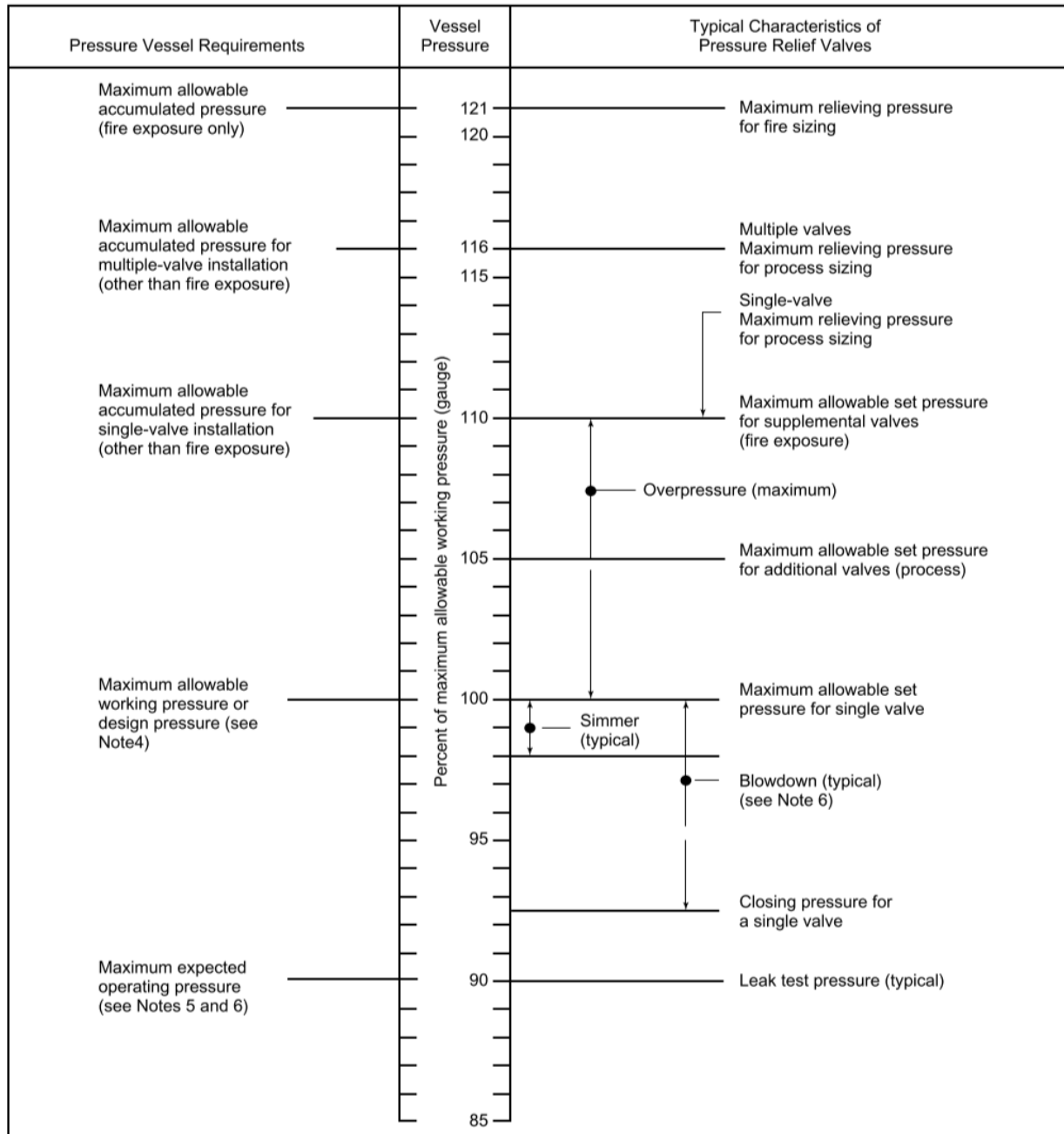


Figura 2.2. Relación entre las distintas presiones. (American Petroleum Institute, 2000)

3. DIMENSIONADO Y DISEÑO

Los principales factores que afectan al diseño de una válvula de alivio son la temperatura, la presión y la capacidad. A partir de estos y otros parámetros se puede determinar el área de alivio requerida para una determinada válvula. (American Petroleum Institute, 2000)

Otro factor importante a determinar es el tipo de flujo ya que las ecuaciones de diseño varían considerablemente dependiendo de si el flujo es de un gas, un vapor, un líquido o flujo bifásico. (*American Petroleum Institute, 2000*)

El código ASME en la Sección VIII, división I, requiere que se empleen válvulas de capacidad certificada para las válvulas de alivio de presión diseñadas para ser empleadas con líquidos, esta capacidad certificada se obtiene mediante la ecuación [3.1]. (*American Petroleum Institute, 2000*) (*American Society of Mechanical Engineers, 2010*)

$$A = \frac{11,78 \cdot Q}{k_d k_w k_c k_v} \sqrt{\frac{G}{p_1 - p_2}} \quad [3.1]$$

Donde:

A: Área de descarga efectiva requerida (mm²)

Q: Caudal requerido (L/min)

k_d: Coeficiente nominal de descarga que debe ser obtenido del fabricante de la válvula. Para una estimación preliminar se puede emplear 0,65 cuando la válvula de alivio de presión se instala con o sin un disco de ruptura en combinación.

k_w: Factor de corrección debido a la contrapresión, solo se aplica para las válvulas equilibradas mediante fuelle. Si la contrapresión es atmosférica debe emplearse un valor de 1.

k_c: Factor de corrección para instalaciones con un disco de ruptura situado corriente arriba de la válvula de alivio. Se emplea un valor de 1 cuando no hay ningún disco instalado y 0,9 cuando sí lo hay.

k_v: Factor de corrección debido a la viscosidad y determinado mediante la Figura 3.1.

G: Gravedad específica del fluido en las condiciones de flujo referida al agua en condiciones estándar.

p₁: Presión de alivio, corresponde a la presión nominal más la sobrepresión permisible (kPag)

p₂: Contrapresión (kPag)

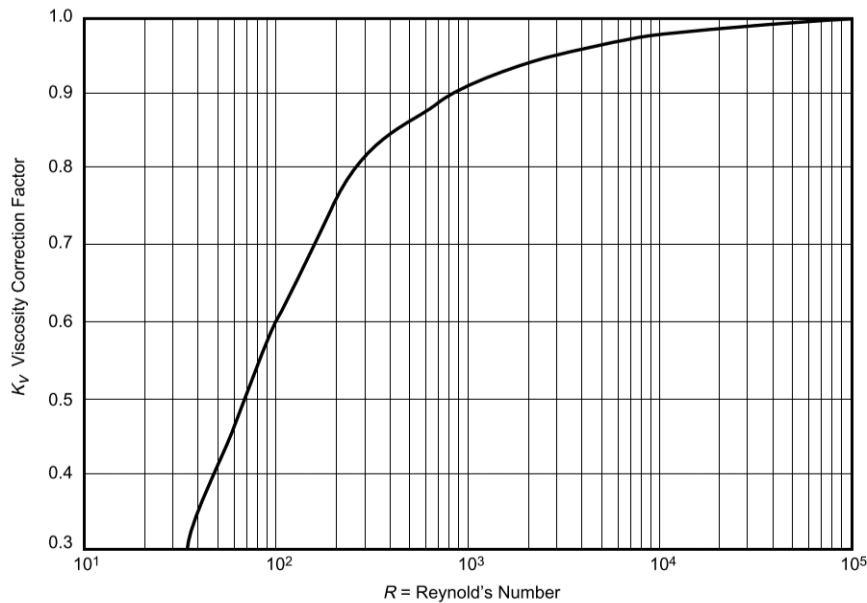


Figura 3.1. Factor de corrección debido a la viscosidad. (American Petroleum Institute, 2000)

Cuando se empleen líquidos viscosos, la válvula debe dimensionarse como si se tratase de un líquido no viscoso para obtener un área de descarga preliminar y después calcularse el factor de corrección k_v empleado la ecuación [3.2] para el cálculo del Reynolds. (American Petroleum Institute, 2000)

$$R = \frac{Q \cdot (18.800 \cdot G)}{\mu \cdot \sqrt{A}} \quad [3.2]$$

Donde:

Q: Caudal a la temperatura de flujo (L/min)


G: Gravedad específica del líquido a la temperatura de flujo referida al agua en condiciones estándar.

μ : Viscosidad absoluta a la temperatura de flujo (cP)

A: Área efectiva de descarga (mm^2)

Cuando se determina el número de Reynolds se puede obtener el factor k_v a partir de la Figura 3.1, que aplicándolo a la ecuación [3.1] permite corregir el área de descarga necesaria.

Una vez calculada el área necesaria, se selecciona una de las válvulas de la Figura 3.2 que posea el área inmediatamente superior a la obtenida mediante la ecuación [3.1]. (*American Petroleum Institute, 2000*)



***Indicates available orifices**

Orifice Designation and Effective Area Sq. In. (Sq. mm)	Series BP Fixed Blowdown Balanced Pressure Relief Valve Gas, Vapor, Liquid 3/4" x 1", 1" x 1"	Style JOS/JBS Closed Bonnet Pressure Relief Valve Gas, Vapor, Steam 1 D 2 to 8 T ₂ 10	Style JLT-JOS/JBS Closed Bonnet Pressure Relief Valve Liquid 1 D 1 to 8 T ₂ 10	Style JOS-H Open Bonnet Pressure Relief Valve Steam 1 D 2 to 8 T ₂ 10	Style JO/JB Closed Bonnet Pressure Relief Valve Gas, Vapor, Steam 10 V 14 to 20 BB ₂ 24	Series 800 Adjustable Blowdown Pressure Relief Valve Gas, Vapor, Steam 3/4" x 1" to 1-1/2" x 2-1/2"	Series 900 OMNI-TRIM Fixed Blowdown Pressure Relief Valve Gas, Vapor, Steam, Liquid 1/2" x 1" to 1-1/2" x 2-1/2"
-	0.074 (47.7)	*					*
D	0.110 (71.0)	*	*	*	*	*	*
E	0.196 (126)		*	*	*	*	*
F	0.307 (198)		*	*	*	*	*
G	0.503 (325)		*	*	*	*	*
H	0.785 (506)		*	*	*		
J	1.287 (830)		*	*	*		
K	1.838 (1186)		*	*	*		
L	2.853 (1841)		*	*	*		
M	3.600 (2323)		*	*	*		
N	4.340 (2800)		*	*	*		
P	6.379 (4116)		*	*	*		
Q	11.05 (7129)		*	*	*		
R	16.00 (10323)		*	*	*		
T	26.00 (16774)		*	*	*		
T ₂	27.87 (17982)		*	*	*		
V	42.19 (27219)					*	
W	60.75 (39193)					*	
Y	82.68 (53342)					*	
Z	90.95 (58677)					*	
Z ₂	108.86 (70232)					*	
AA	136.69 (88187)					*	
BB	168.74 (108864)					*	
BB ₂	185.00 (119355)					*	
Crosby Catalog No.		310	310	310	307	902	902

Figura 3.2. Catálogo de válvulas. (Crosby, 1997)

Para el caso del reactor se van a considerar los parámetros de la Tabla 3.1 para el caso de una sobrepresión interna.

Tabla 3.1. Parámetros para el diseño de la válvula de alivio. Fuente: Elaboración propia

Parámetro	Valor
Capacidad de alivio (L/min)	1326,60
MAWP (kPag)	685,00
Contrapresión (%)	20,00
Sobrepresión (%)	10,00
Densidad (kg/m ³)	1001,35
Viscosidad (Pa·s)	$4,7 \cdot 10^{-4}$
Gravedad específica	1,00

Para este caso se ha considerado que la capacidad de alivio debe ser igual al caudal que entra en cada uno de los tres reactores. Los factores de corrección aplicables pueden verse en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Factores de corrección aplicables. Fuente elaboración propia a partir de American Petroleum Institute, 2000

Factor	Valor	Justificación
k_d	0,65	Valor preliminar para el caso de una válvula con o sin un disco de ruptura en combinación.
k_w	1	Valor debido a la contrapresión, solo se aplica en el caso de válvulas equilibradas.
k_c	1	Valor debido a que no existe ningún disco de ruptura corriente arriba.
k_v	1	Valor de corrección para fluidos viscosos, en la primera iteración se asume como 1 y posteriormente se comprueba mediante el Reynolds su valor.

Una vez conocidos todos los parámetros se obtiene la ecuación [3.3].

$$A = \frac{11,78 \cdot 1326,59 \text{ L/min}}{0,65 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1} \sqrt{\frac{1}{616,50 \text{ kPag}}} = 968,29 \text{ mm}^2 \quad [3.3]$$

Una vez se obtiene el área preliminar debe calcularse el Reynols para comprobar si se debe aplicar el factor de corrección por viscosidad mediante la ecuación [3.4]. (*American Petroleum Institute, 2000*)

$$R = \frac{1326,59 \text{ L/min} \cdot (18.800 \cdot 1)}{0,47 \text{ cP} \cdot \sqrt{968,29 \text{ mm}^2}} = 1.707.462,91 \quad [3.4]$$

Como el Reynolds es superior a 10^5 no se debe cambiar el factor de corrección por viscosidad.

También se va a calcular el área necesaria para el caso de que sea un fuego externo el que cause una subida de presión en el reactor, en este caso la sobrepresión máxima permitida es de un 25%. Sustituyendo en la ecuación [3.1] se obtiene:

$$A = \frac{11,78 \cdot 1326,59 \text{ L/min}}{0,65 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1} \sqrt{\frac{1}{719,25 \text{ kPag}}} = 897,67 \text{ mm}^2 \quad [3.5]$$

Como en el caso anterior debe comprobarse el Reynolds debido al factor de corrección por viscosidad.

$$R = \frac{1326,59 \text{ L/min} \cdot (18.800 \cdot 1)}{0,47 \text{ cP} \cdot \sqrt{968,29 \text{ mm}^2}} = 1.775.748,94 \quad [3.6]$$

Como el Reynolds es superior a 10^5 no se debe cambiar el factor de corrección por viscosidad.

En ambos casos la válvula disponible para líquidos con un área inmediatamente superior al valor calculado es el tipo JLT-JOS/JBS con un orificio de tamaño K, esta válvula serviría tanto para sobrepresiones debido a la presión estática interior como para sobrepresiones causadas por fuego. (*Crosby, 1997*)

4. BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. *Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries. Part I – Sizing and Selection.* 7ª Edición. 2000.

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. *Boiler and Pressure Vessel Code. Section VII. Division 1. Rules for Construction of Pressure Vessels.* 2010

CROSBY. *Pressure Relief Valve Engineering Handbook.* 1ª Edición. 1997.

GOBIERNO DE ESPAÑA. Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. *Boletín Oficial del Estado*, 5 de febrero de 2009, núm. 31, sec. I, pp. 12.297-12.388.

GOBIERNO DE ESPAÑA. Real Decreto 2085/1994, de 20 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Petrolíferas. *Boletín Oficial del Estado*, 27 de enero de 1995, núm. 23, pp. 2.591-2.267.

PARTE E. VÁLVULA DE ALIVIO PSV-112

Planta de producción de etil-glicol (etano-1,2-diol) a partir de
óxido de etileno

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. DEFINICIONES.....	2
3. DIMENSIONADO Y DISEÑO.....	6
4. BIBLIOGRAFÍA.....	12

1. INTRODUCCIÓN

En la industria es normal la utilización de equipos que operan a presión y que pueden verse sometidos por diversas causas a presiones superiores a las de diseño, con el consecuente riesgo de fallo mecánico y explosión.

Para prevenir esta situación se deben instalar en estos equipos algún sistema para permitir la descarga del contenido en el caso de que se den presiones excesivamente elevadas como válvulas de alivio o discos de ruptura.

Actualmente es de aplicación el Real Decreto de 2060/2008, del 12 de diciembre, donde se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias, y en el Real Decreto 2085/1994, de 20 de octubre, donde se aprueba el Reglamento de instalaciones petrolíferas y se especifica que: “Las fórmulas apropiadas para el dimensionamiento de las válvulas de seguridad serán de códigos reconocidos, tales como API, ASME, NFPA, etc.”. (RD 2060/2008, de 12 de diciembre) (RD 2085/1994, de 20 de octubre)

En este caso se va a emplear para el dimensionamiento de las válvulas de alivio el procedimiento descrito en la norma *API Recommended Practice 520. Sizing, Selection, and installations of Pressure-Relieving Devices in Refineries*, la cual está en conformidad con el Código ASME BPV. (American Petroleum Institute, 2000)

2. DEFINICIONES

- Dispositivo para aliviar presión: Dispositivo actuado por la presión estática interior y diseñado para abrirse durante emergencias o condiciones anormales para impedir un incremento en la presión del fluido interno sobre el valor especificado de diseño.
- Válvula de alivio de presión: Dispositivo de alivio de presión diseñado para abrirse y liberar exceso de presión y con capacidad para volver a cerrarse para impedir que continúe el flujo de fluido cuando se restauran las condiciones normales. En la Figura 2.1 puede verse un esquema de una válvula de alivio.
 - Válvula de alivio: Es una válvula de muelle de alivio de presión activada por la presión estática corriente arriba de la válvula. La válvula se abre normalmente de manera proporcional al incremento de presión. Las válvulas de alivio se emplean principalmente con fluidos incompresibles.

- Válvula de seguridad: Es una válvula de muelle de alivio de presión activada por la presión estática corriente arriba de la válvula, se caracteriza por una rápida apertura rápida. Las válvulas de seguridad se suelen emplear con fluidos compresibles.
- Válvula de alivio de seguridad: Es una válvula de muelle de alivio de presión que puede ser usada como válvula de seguridad o válvula de alivio.
- Válvula convencional de alivio de presión: Es una válvula de muelle de alivio de presión cuyas características operacionales se ven afectadas directamente por cambios en la contrapresión.
- Válvula de alivio de presión equilibrada: Es una válvula de muelle de alivio de presión que incorpora un fuelle u otro sistema para minimizar el efecto de la contrapresión en las características operativas de la válvula.
- Válvula de alivio operada mediante piloto: Es una válvula de alivio de presión en la cual el principal dispositivo de alivio o válvula principal se combina con y es controlada por una válvula auxiliar auto-accionada (piloto).

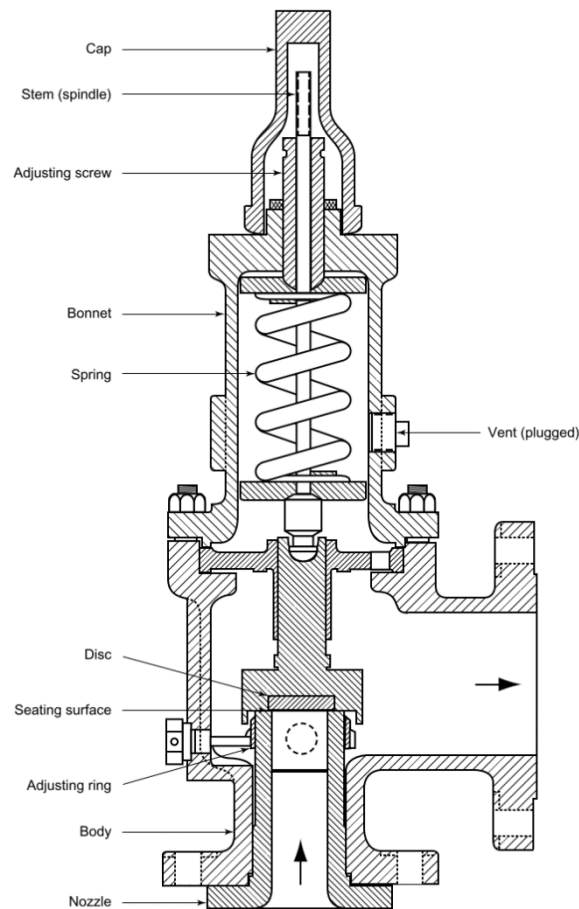


Figura 2.1. Esquema de una válvula de alivio. (American Petroleum Institute, 2000)

- Dispositivo de alivio de presión no-cerrable: Es un dispositivo de alivio de presión que permanece abierto después de su operación. Debe emplearse un método manual de reinicio.
- Disco de ruptura: Dispositivo de alivio de presión que no se vuelve a cerrar después de su activación, está actuado por la diferencia estática de presión entre la parte interior y exterior de un recipiente y diseñado para funcionar mediante el estallido del disco de ruptura. El equipo del disco de rotura incluye el disco de ruptura y la sujeción del disco de ruptura.
 - Disco de ruptura: Es el dispositivo encargado de contener la presión, sensible a los cambios de presión y temperatura.
 - Soporte del disco de ruptura: Es el dispositivo que encierra el disco que encierra y afianza el disco de ruptura en suposición
 - Disco de ruptura sin fragmentación: Un disco de ruptura sin fragmentación es un disco de ruptura diseñado y manufacturado para ser instalado corriente arriba de otros componentes de tuberías, como válvulas de alivio de presión, que no perjudica la acción de esos componentes cuando se rompe el disco.
 - Dispositivo actuado mediante clavija: Es un dispositivo de alivio de presión que no se vuelve a cerrar accionado por la presión estática del interior de recipiente y diseñado para funcionar mediante el doblado o rotura de una clavija que sujeta un pistón o un tapón. Después del doblado o rotura, el pistón o tapón se desplaza a su posición completamente abierta.
- Área de descarga real: El área neta mínima que determina el flujo a través de la válvula
- Área de descarga efectiva: El área de descarga nominal o calculada mediante un coeficiente de descarga efectivo para calcular la capacidad mínima de alivio para una válvula de alivio de presión por las ecuaciones de diseño preliminares.
- Mínima área neta de flujo: Es el área neta calculada después de la ruptura de un disco de ruptura con la tolerancia adecuada para cualquier miembro estructural que pueda reducir el flujo neto a través del disco de ruptura. El área neta de flujo para dimensionamiento no debe exceder el área nominal de tubería del disco de ruptura.
- Coeficiente de descarga: El ratio entre el flujo másico en una válvula con respecto al flujo ideal en una boquilla. Se emplea para calcular el flujo a través de un dispositivo de alivio de presión.
 - Coeficiente de descarga efectivo: Es el valor nominal que se emplea junto el área de descarga efectiva para calcular la capacidad mínima requerida de alivio de

presión. Esta capacidad se determina de acuerdo con las ecuaciones de dimensionamiento preliminar.

- Coeficiente nominal de descarga: Se determina de acuerdo con el código o regulación aplicable y se usa con el área de descarga real para calcular la capacidad de descarga nominal de una válvula de alivio de presión.
- Presión máxima de operación: Presión máxima esperada durante la operación normal de proceso
- Máxima presión permisible de operación (MAWP): Es la máxima presión manométrica permisible en la parte superior de un recipiente terminado coincidente con la temperatura especificada para esa presión.
- Presión de diseño: Se emplea junto con la temperatura de diseño para determinar el grosor mínimo permisible y las características físicas de cada componente del recipiente. La presión seleccionada debe proporcionar un margen suficiente sobre la máxima presión esperada durante la operación normal del proceso coincidente con su temperatura correspondiente. Es menor o igual a la máxima presión permisible de operación.
- Acumulación: es el incremento de presión sobre la presión máxima permisible de operación permitida durante la descarga a través del dispositivo de alivio de presión, expresada como porcentaje de la presión máxima permisible de operación o de la presión de diseño. La acumulación máxima permisible se establece mediante los códigos aplicables para operación de emergencia y contingencias de fuego.
- Sobrepresión: Es el incremento de presión sobre la presión nominal del dispositivo de alivio de presión permisible para conseguir el flujo nominal. La sobrepresión se expresa en unidades de presión o como porcentaje de la presión nominal. Coincide con la acumulación únicamente cuando el dispositivo de alivio se establece para abrirse a la máxima presión permisible de operación del recipiente.
- Capacidad de alivio nominal: Es la capacidad de alivio usada como base en la aplicación del código o regulación del dispositivo de alivio y es proporcionada por el fabricante.

(American Petroleum Institute, 2000)

En la Figura 2.2 puede verse la relación entre las distintas presiones.

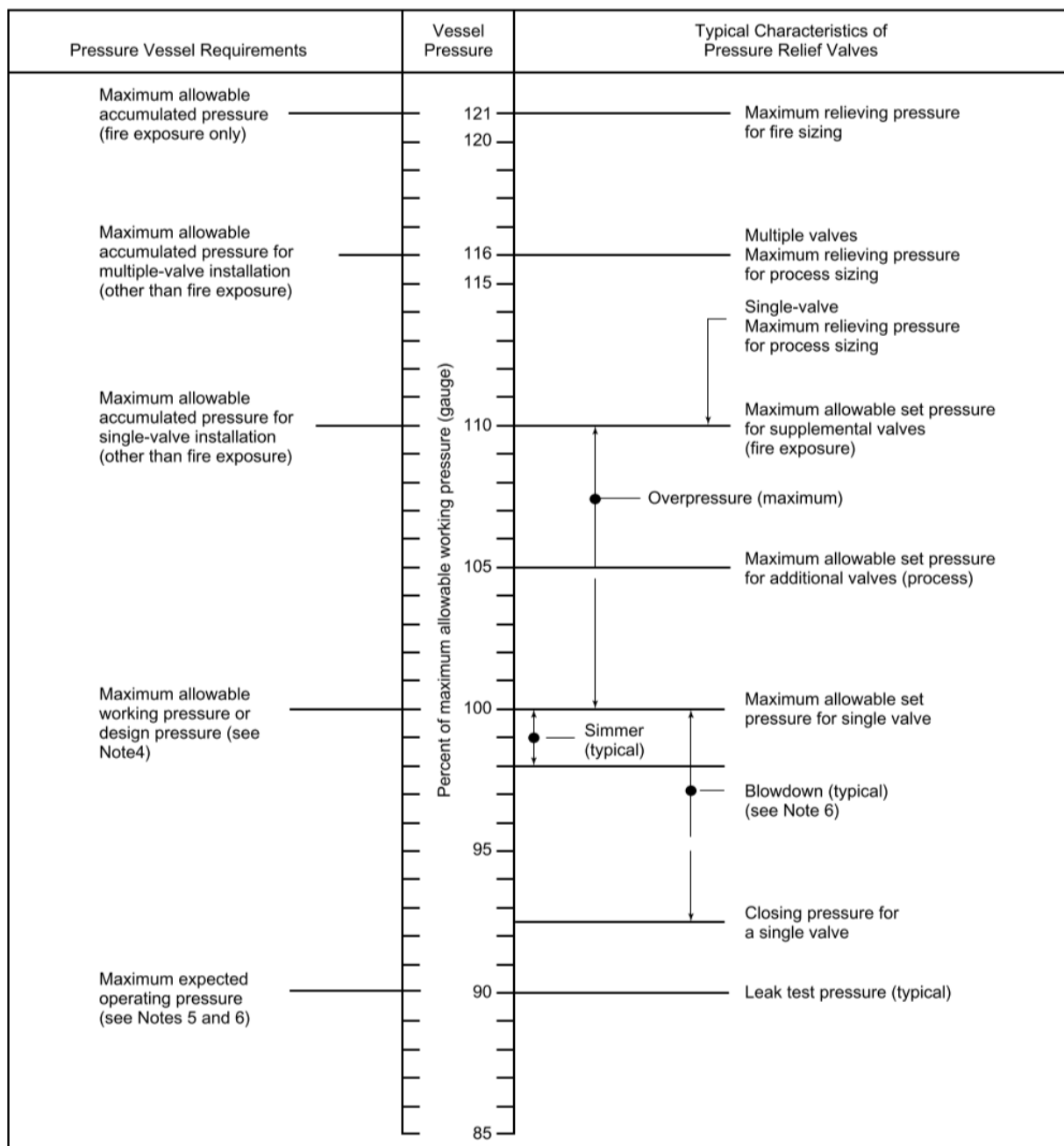


Figura 2.2. Relación entre las distintas presiones. (American Petroleum Institute, 2000)

3. DIMENSIONADO Y DISEÑO

Los principales factores que afectan al diseño de una válvula de alivio son la temperatura, la presión y la capacidad. A partir de estos y otros parámetros se puede determinar el área de alivio requerida para una determinada válvula. (American Petroleum Institute, 2000)

Otro factor importante a determinar es el tipo de flujo ya que las ecuaciones de diseño varían considerablemente dependiendo de si el flujo es de un gas, un vapor, un líquido o flujo bifásico. (*American Petroleum Institute, 2000*)

El código ASME en la Sección VIII, división I, requiere que se empleen válvulas de capacidad certificada para las válvulas de alivio de presión diseñadas para ser empleadas con líquidos, esta capacidad certificada se obtiene mediante la ecuación [3.1]. (*American Petroleum Institute, 2000*) (*American Society of Mechanical Engineers, 2010*)

$$A = \frac{11,78 \cdot Q}{k_d k_w k_c k_v} \sqrt{\frac{G}{p_1 - p_2}} \quad [3.1]$$

Donde:

A: Área de descarga efectiva requerida (mm²)

Q: Caudal requerido (L/min)

k_d: Coeficiente nominal de descarga que debe ser obtenido del fabricante de la válvula. Para una estimación preliminar se puede emplear 0,65 cuando la válvula de alivio de presión se instala con o sin un disco de ruptura en combinación.

k_w: Factor de corrección debido a la contrapresión, solo se aplica para las válvulas equilibradas mediante fuelle. Si la contrapresión es atmosférica debe emplearse un valor de 1.

k_c: Factor de corrección para instalaciones con un disco de ruptura situado corriente arriba de la válvula de alivio. Se emplea un valor de 1 cuando no hay ningún disco instalado y 0,9 cuando sí lo hay.

k_v: Factor de corrección debido a la viscosidad y determinado mediante la Figura 3.1.

G: Gravedad específica del fluido en las condiciones de flujo referida al agua en condiciones estándar.

p₁: Presión de alivio, corresponde a la presión nominal más la sobrepresión permisible (kPag)

p₂: Contrapresión (kPag)

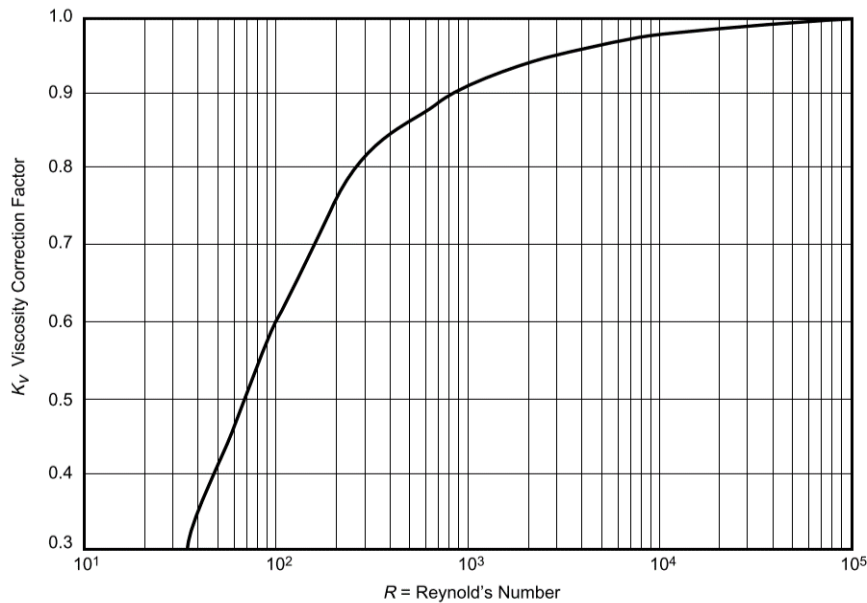


Figura 3.1. Factor de corrección debido a la viscosidad. (American Petroleum Institute, 2000)

Cuando se empleen líquidos viscosos, la válvula debe dimensionarse como si se tratase de un líquido no viscoso para obtener un área de descarga preliminar y después calcularse el factor de corrección k_v empleado la ecuación [3.2] para el cálculo del Reynolds.

$$R = \frac{Q \cdot (18.800 \cdot G)}{\mu \cdot \sqrt{A}} \quad [3.2]$$

Donde:

Q: Caudal a la temperatura de flujo (L/min)


G: Gravedad específica del líquido a la temperatura de flujo referida al agua en condiciones estándar.

μ : Viscosidad absoluta a la temperatura de flujo (cP)

A: Área efectiva de descarga (mm²)

Cuando se determina el número de Reynolds se puede obtener el factor k_v a partir de la Figura 3.1, que aplicándolo a la ecuación [3.1] para corregir el área de descarga necesaria.

Una vez calculada el área necesaria, se selecciona una de las válvulas de la Figura 3.2 que posea el área inmediatamente superior a la obtenida mediante la ecuación [3.1]. (American Petroleum Institute, 2000)



*Indicates available orifices

Orifice Designation and Effective Area Sq. in. (Sq. mm)	Series BP Fixed Blowdown Balanced Pressure Relief Valve Gas, Vapor, Liquid 3/4" x 1", 1" x 1"	Style JOS/JBS Closed Bonnet Pressure Relief Valve Gas, Vapor, Steam 1 D 2 to 8 T ₂ 10	Style JLT-JOS/JBS Closed Bonnet Pressure Relief Valve Liquid 1 D 1 to 8 T ₂ 10	Style JOS-H Open Bonnet Pressure Relief Valve Steam 1 D 2 to 8 T ₂ 10	Style JO/JB Closed Bonnet Pressure Relief Valve Gas, Vapor, Steam 10 V 14 to 20 BB, 24	Series 800 Adjustable Blowdown Pressure Relief Valve Gas, Vapor, Steam 3/4" x 1" to 1-1/2" x 2-1/2"	Series 900 OMNI-TRIM® Fixed Blowdown Pressure Relief Valve Gas, Vapor, Steam, Liquid 1/2" x 1" to 1-1/2" x 2-1/2"
-	0.074 (47.7)	*					*
D	0.110 (71.0)	*	*	*		*	*
E	0.196 (126)		*	*		*	*
F	0.307 (198)		*	*		*	*
G	0.503 (325)		*	*		*	*
H	0.785 (506)		*	*			
J	1.287 (830)		*	*			
K	1.838 (1186)		*	*			
L	2.853 (1841)		*	*			
M	3.600 (2323)		*	*			
N	4.340 (2800)		*	*			
P	6.379 (4116)		*	*			
Q	11.05 (7129)		*	*			
R	16.00 (10323)		*	*			
T	26.00 (16774)		*	*			
T ₂	27.87 (17982)		*	*			
V	42.19 (27219)				*		
W	60.75 (39193)				*		
Y	82.68 (53342)				*		
Z	90.95 (58677)				*		
Z ₂	108.86 (70232)				*		
AA	136.69 (88187)				*		
BB	168.74 (108864)				*		
BB ₂	185.00 (119355)				*		
Crosby Catalog No.		310	310	310	307	902	902

Figura 3.2. Catálogo de válvulas. (Crosby, 1997)

Para el caso de la torre de extracción se van a considerar los parámetros de la Tabla 3.1 para el caso de una sobrepresión interna.

Tabla 3.1. Parámetros para el diseño de la válvula de alivio. Fuente: Elaboración propia

Parámetro	Valor
Capacidad de alivio (L/min)	1623,82
MAWP (kPag)	345,00
Contrapresión (%)	20,00
Sobrepresión (%)	10,00
Densidad (kg/m ³)	1092,50
Viscosidad (Pa·s)	1,84·10 ⁻³
Gravedad específica	1,10

Para este caso se ha considerado que la capacidad de alivio debe ser igual al caudal que entra en cada una de las tres torres de extracción. Los factores de corrección aplicables pueden verse en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Factores de corrección aplicables. Fuente elaboración propia a partir de American Petroleum Institute, 2000

Factor	Valor	Justificación
k_d	0,65	Valor preliminar para el caso de una válvula con o sin un disco de ruptura en combinación.
k_w	1	Valor debido a la contrapresión, solo se aplica en el caso de válvulas equilibradas.
k_c	1	Valor debido a que no existe ningún disco de ruptura corriente arriba.
k_v	1	Valor de corrección para fluidos viscosos, en la primera iteración se asume como 1 y posteriormente se comprueba mediante el Reynolds su valor.

Una vez conocidos todos los parámetros se obtiene la ecuación [3.3].

$$A = \frac{11,78 \cdot 1632,82 \text{ L/min}}{0,65 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1} \sqrt{\frac{1,1}{310,50 \text{ kPag}}} = 1751,60 \text{ mm}^2 \quad [3.3]$$

Una vez se obtiene el área preliminar debe calcularse el Reynols para comprobar si se debe aplicar el factor de corrección por viscosidad mediante la ecuación [3.4]. (*American Petroleum Institute, 2000*)

$$R = \frac{1632,82 \text{ L/min} \cdot (18.800 \cdot 1,1)}{1,84 \text{ cP} \cdot \sqrt{1751,60 \text{ mm}^2}} = 436.066,86 \quad [3.4]$$

Como el Reynolds es superior a 10^5 no se debe cambiar el factor de corrección por viscosidad.

También se va a calcular el área necesaria para el caso de que sea un fuego externo el que cause una subida de presión en la torre de extracción, en este caso la sobrepresión máxima permitida es de un 25%. Sustituyendo en la ecuación [3.1] se obtiene:

$$A = \frac{11,78 \cdot 1632,82 \text{ L/min}}{0,65 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1} \sqrt{\frac{1}{362,25 \text{ kPag}}} = 1671,82 \text{ mm}^2 \quad [3.5]$$

Como en el caso anterior debe comprobarse el Reynolds debido al factor de corrección por viscosidad.

$$R = \frac{1632,82 \text{ L/min} \cdot (18.800 \cdot 1,1)}{1,84 \text{ cP} \cdot \sqrt{1751,60 \text{ mm}^2}} = 453.199,87 \quad [3.6]$$

Como el Reynolds es superior a 10^5 no se debe cambiar el factor de corrección por viscosidad.

En ambos casos la válvula disponible para líquidos con un área inmediatamente superior al valor calculado es el tipo JLT-JOS/JBS con un orificio de tamaño L, esta válvula serviría tanto para sobrepresiones debido a la presión estática interior como para sobrepresiones causadas por fuego. (Crosby, 1997)

4. BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. *Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries. Part I – Sizing and Selection.* 7ª Edición. 2000.

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. *Boiler and Pressure Vessel Code. Section VII. Division 1. Rules for Construction of Pressure Vessels.* 2010

CROSBY. *Pressure Relief Valve Engineering Handbook.* 1ª Edición. 1997.

GOBIERNO DE ESPAÑA. Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. *Boletín Oficial del Estado*, 5 de febrero de 2009, núm. 31, sec. I, pp. 12.297-12.388.

GOBIERNO DE ESPAÑA. Real Decreto 2085/1994, de 20 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Petrolíferas. *Boletín Oficial del Estado*, 27 de enero de 1995, núm. 23, pp. 2.591-2.267.

ANEXO III. ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA

Planta de producción de etil-glicol (etano-1,2-diol) a partir de
óxido de etileno

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN	2
2.	CAPITAL FIJO.....	2
3.	CAPITAL CIRCULANTE	2
4.	INGRESOS	2
5.	COSTES DE EXPLOTACIÓN	3
5.1.	Materias primas	3
5.2.	Utilidades	4
5.3.	Salarios	4
5.4.	Mantenimiento	5
5.5.	Seguros.....	6
5.6.	Costes de administración	6
5.7.	Gastos comerciales.....	6
5.8.	Costes de investigación	7
6.	PRÉSTAMO E INTERÉS	7
6.1.	Pago de la inversión	8
6.2.	Resultados para el pago de la inversión inicial	8
7.	BENEFICIOS ANTES DE IMPUESTOS (BAT)	9
8.	IMPUESTO DE SOCIEDADES.....	9
9.	FLUJOS DE CAJA.....	10
10.	VALOR ACTUAL NETO (VAN)	12
11.	TASA INTERNA DE RENTABILIDAD (TIR)	12
12.	TIEMPO DE RETORNO (PAYBACK)	12
13.	VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS	13
14.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	13
15.	BIBLIOGRAFÍA.....	15

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anexo se realizará un estudio de viabilidad económica de la planta de producción de etil-glicol a partir de óxido de etileno.

Para realizar este estudio será necesario estimar los costes de producción, así como la inversión inicial necesaria para poner en marcha la planta y los ingresos esperados por venta de productos. Para la estimación de los costes de producción se empleará la plantilla proporcionada por la bibliografía de referencia.

Una vez estimados los ingresos y gastos deben calcularse tres factores: el Valor Actual Neto, la Tasa Interna de Retorno y el tiempo de retorno de la inversión.

2. CAPITAL FIJO

El capital fijo aparece reflejado en la partida correspondiente del Documento V de este proyecto, que corresponde al presupuesto y tiene un importe de 2.064.813,68 €.

3. CAPITAL CIRCULANTE

El capital circulante, que es el necesario para realizar las tareas iniciales de la planta, la adquisición inicial de materias primas, etc, aparece reflejado en la partida correspondiente en el documento V de este proyecto, que corresponde a este proyecto y tiene un importe de 412.962,73 €.

4. INGRESOS

Los principales ingresos de la planta provienen de la venta del monoetilenglicol y en menos medida de la venta de dietilenglicol.

Teniendo en cuenta los caudales y los precios de cada uno de los productos puede verse en la Tabla 4.1 los ingresos totales.

Tabla 4.1. Resumen ingresos por venta de productos. Elaboración propia a partir de
Independent Chemical Information Service, 2018.

	MEG	DEG
Precio (€/kg)	1,34	0,73
Caudal másico (kg/hora)	94.696,97	11.175,58
Ingresos anuales (€/año)	1.005.000.003,22	64.612.733,33
Ingresos totales (€/año)		1.069.612.736,55

5. COSTES DE EXPLOTACIÓN

Los costes de explotación, también denominados costes de producción, se generan debido a la operación normal de la planta, puede verse un resumen en la Tabla 5.1 y los diversos costes de operación aparecen desglosados en los siguientes apartados. (Peters et col., 1991)

Tabla 5.1. Resumen de costes de explotación. Elaboración propia

Costes de explotación	Importe total (€)
Costes de materias primas	856.900.522,24
Costes de utilidades	171.380.104,45
Salarios	3.564.667,21
Mantenimiento	227.129,50
Seguros	20.648,14
Coste de administración	1.069.400,16
Gasto comercial	35.267.056,62
Gasto de investigación	73.333,66
Costes totales de explotación	1.068.502.861,99

5.1. Materias primas

Los principales costes de la planta provienen de la compra del óxido de etileno y en menor medida del coste del suministro de agua.

Teniendo en cuenta los caudales y los precios de cada uno de los productos puede verse en la Tabla 5.2 los ingresos totales.

Tabla 5.2. Resumen costes por compra de reactivos. Elaboración propia a partir de Independent Chemical Information Service, 2018; Organización de Consumidores y Usuarios, 2018.

	Óxido de etileno	Agua
Precio (€/kg)	1,37	$2,45 \cdot 10^{-3}$
Caudal másico (kg/hora)	78.514,97	160.594,52
Coste anual (€/año)	853.784.346,18	3.116.176,07
Coste total (€/año)		856.900.522,24

5.2. Utilidades

Como el nivel de utilidades no ha sido desarrollado con exactitud se emplearán los porcentajes de la plantilla de referencia donde su coste corresponde al 20% de los costes de materias primas, como puede verse en la Tabla 5.3. (Peters et col., 1991)

Tabla 5.3. Resumen costes de utilidades. Elaboración propia

Utilidades	Importe total (€)
Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Aire comprimido • Vapor de baja presión • Vapor de alta presión • Agua • Electricidad • Combustibles 	171.380.104,45

5.3. Salarios

Para una capacidad de 750.000 toneladas por año de etilenglicol, para una que trabaje en condiciones estándar, el número de horas de trabajo por turno es de 180 horas según la Figura 5.1.

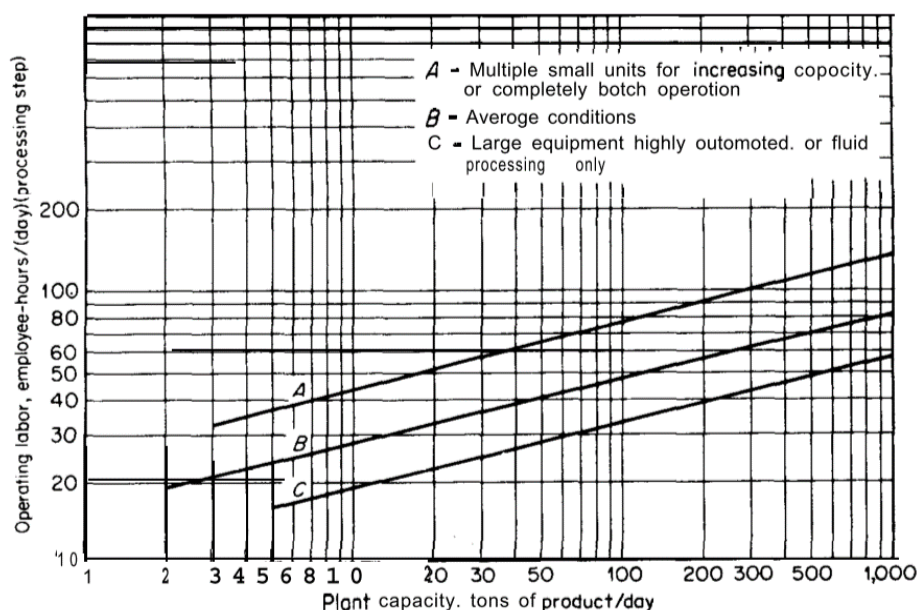


Figura 5.1. Relación entre la capacidad y el número de horas por turno. (Peters et col., 1991)

Se asumirán 3 turnos diarios y un salario medio por trabajador de 37.618 € por año, lo que hace un total de 18,09 € por hora, con lo que los gastos de mano de obra suponen un coste de 3.564.667,21 € (Tabla 5.4). (Federación Empresarial de la Industria Química Española, 2018)

Tabla 5.4. Resumen costes de mano de obra. Elaboración propia

Coste de mano de obra	Importe total (€)
Incluye: <ul style="list-style-type: none"> Salarios de los trabajadores Labores de otros operarios 	3.564.667,21

5.4. Mantenimiento

En base a la plantilla de referencia los costes de mantenimiento anuales corresponden a un 11% de la inversión de capital fijo debido a la presencia de compuestos tóxicos e inflamables en algunos equipos como puede verse en la Tabla 5.5. (Peters et col., 1991)

Tabla 5.5. Resumen costes de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia

Mantenimiento	Importe total (€)
Incluye: <ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento de los equipos y la planta. 	227.129,50

5.5. Seguros

La estimación de gastos correspondientes a los diferentes seguros de esta planta corresponde al 1% de la inversión de capital fijo según la plantilla de referencia, el valor de esta partida puede verse en la Tabla 5.6. *(Peters et col., 1991)*

Tabla 5.6. Resumen costes de seguros. Elaboración propia

Seguros	Importe total (€)
Incluye: <ul style="list-style-type: none"> Seguros. 	20.648,14

5.6. Costes de administración

Las actividades administrativas y la alta dirección generan unos costes que no pueden ser cargados directamente a las actividades productivas, pero deben tenerse en cuenta para un análisis económico completo. Según la plantilla de referencia este gasto corresponde a un 30% del coste de la mano de obra, como aparece en la Tabla 5.7. *(Peters et col., 1991)*

Tabla 5.7. Resumen costes de administración. Elaboración propia

Costes de administración	Importe total (€)
Incluye: <ul style="list-style-type: none"> Gastos de la directiva. Salarios del personal administrativo. Material de oficina. 	1.069.400,16

5.7. Gastos comerciales

Desde un punto de vista práctico ninguna operación de manufactura puede considerarse exitosa hasta que los productos se han vendido y se les ha dado un uso rentable. En esta categoría se incluyen los salarios, comisiones y otros gastos del personal de ventas. Los costes varían ampliamente dependiendo del tipo de material, de la localización de la planta y de la cantidad de producto, en este caso se considera que corresponden a un 3% de los costes de explotación y puede verse en la Tabla 5.8. *(Peters et col., 1991)*

Tabla 5.8. Resumen costes de utilidades. Elaboración propia

Gastos comerciales	Importe total (€)
Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Material de las oficinas de venta • Salarios, comisiones y gastos de representación de los vendedores • Gastos de envío • Costes de publicidad 	35.267.056,62

5.8. Costes de investigación

En la industria en general, y en la industria química en particular es de gran importancia la innovación tanto en el desarrollo de nuevos productos como en la mejora de los métodos productivos por lo que es necesario dedicar una partida de gasto a las actividades de investigación, desarrollo e innovación. *(Peters et col., 1991)*

En este caso, al ser un sector altamente competitivo se va a dedicar un 5% de los costes directos a esta partida, como aparece reflejado en la Tabla 5.9.

Tabla 5.9. Resumen costes de investigación. Fuente: Elaboración propia

Gastos en investigación y desarrollo	Importe total (€)
Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Salarios del personal de I+D+i • Gastos de las actividades de I+D+i 	73.333,66

6. PRÉSTAMO E INTERÉS

Para la implantación y construcción de la planta será necesario solicitar un préstamo que cubra la inversión necesaria sumándole un 10% extra debido a los gastos de puesta en marcha, por lo que el importe total del préstamo será de 2.725.554,05 €, como puede verse en la Tabla 6.1. *(Peters et col., 1991)*

Tabla 6.1. Resumen del préstamo. Fuente: Elaboración propia

Desembolso inicial	Importe total (€)
Inversión total	2.477.776,41
Costes de puesta en marcha	247.777,64
Desembolso inicial total	2.725.554,05

6.1. Pago de la inversión

El pago de la inversión se hará de manera fraccionada, para lo cual se destinarán parte de los beneficios anuales para el pago de la deuda contraída, tanto la correspondiente a la amortización como a los intereses. Se considerarán constantes tanto los pagos como la amortización. (*Peters et col., 1991*)

Para el pago de la inversión se considerarán: la deuda pendiente, el pago anual de la deuda, el pago de los intereses anuales y la cuota anual constante, que se calcula mediante la ecuación [6.1]. (*Peters et col., 1991*)

$$R = P \cdot \left[\frac{i \cdot (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \right] \quad [6.1]$$

Donde:

P: Capital prestado

i: tasa de interés anual equivalente (TAE)

n: número de años del préstamo

R: Cuota anual constante

En este caso, para un crédito industrial a 10 años el ICO ofrece un tipo fijo del 5,22% TAE. (ICO)

6.2. Resultados para el pago de la inversión inicial

Mediante el empleo de la ecuación [6.1], y de los datos del anterior apartado se pueden obtener los pagos anuales de la deuda y sus correspondientes intereses (Tabla 6.2). (*Peters et col., 1991*)

Tabla 6.2. Pagos del préstamo. Fuente: Elaboración propia

Año	Deuda pendiente	Pago anual de la deuda	Pago intereses anuales	Cuota anual constante
0	2.725.554,05 €			356.856,05 €
1	2.511.135,45 €	-214.418,60 €	142.437,45 €	356.856,05 €
2	2.285.511,34 €	-225.624,11 €	131.231,94 €	356.856,05 €
3	2.048.096,11 €	-237.415,23 €	119.440,82 €	356.856,05 €
4	1.798.273,57 €	-249.822,55 €	107.033,50 €	356.856,05 €
5	1.535.395,29 €	-262.878,27 €	93.977,78 €	356.856,05 €
6	1.258.779,00 €	-276.616,29 €	80.239,76 €	356.856,05 €
7	967.706,74 €	-291.072,26 €	65.783,79 €	356.856,05 €
8	661.423,04 €	-306.283,70 €	50.572,35 €	356.856,05 €
9	339.132,96 €	-322.290,08 €	34.565,97 €	356.856,05 €
10	0,00 €	-339.132,96 €	17.723,09 €	356.856,05 €

7. BENEFICIOS ANTES DE IMPUESTOS (BAT)

Los beneficios antes de impuestos son el resultado de restarle a los ingresos los costes totales y la amortización de la planta, se calculan mediante la fórmula [7.1]. (*Peters et col., 1991*)

$$BAT_k = IT_k - CT_k - A_k \quad [7.1]$$

Donde:

IT_k : Ingresos totales del año k

CT_k : Costes totales del año k

A_k : Amortización del año k

Se va a considerar una amortización constante del 10% que es la aplicable para equipos y maquinaria.

8. IMPUESTO DE SOCIEDADES

La planta deberá cotizar por el tipo normal del impuesto de sociedades que actualmente se sitúa en un 25%. La cantidad necesaria para los impuestos se puede calcular mediante la fórmula [8.1]. (*Agencia tributaria, 2018*)

$$Impuestos_k = BAT_k \cdot 0,25 \quad [8.1]$$

9. FLUJOS DE CAJA

Los flujos de caja son la diferencia entre los cobros y los pagos en un determinado año, en este caso como ingresos se tendrán en cuenta los obtenidos por la venta de los productos y como pagos los costes de producción, el pago del préstamo, la amortización y el impuesto de sociedades. *(Peters et col., 1991)*

Otro factor a tener en cuenta es la inflación, que en este caso se va a considerar del 3% y un coste de oportunidad del 10%. *(Peters et col., 1991)*

Tabla 9.1. Flujos de caja durante los 10 primeros años del proyecto. Fuente: Elaboración propia

Año	Ingresos	Costes de producción	Pago intereses	Amortización	BAT	Impuestos	Beneficio neto	Flujo de caja	Flujo de caja descontado	Caja acumulada
0								-2.725.554,05		-2.725.554,05
1	1.069.612.736,54	-1.068.502.861,99	-142.437,45	-45.065,38	922.371,72	-230.592,93	691.778,79	736.844,17	669.858,34	-2.055.695,71
2	1.101.701.118,64	-1.100.557.947,85	-131.231,94	-45.065,38	966.873,47	-241.718,37	725.155,10	770.220,48	636.545,85	-1.419.149,86
3	1.134.752.152,20	-1.133.574.686,29	-119.440,82	-45.065,38	1.012.959,71	-253.239,93	759.719,78	804.785,16	604.647,00	-814.502,86
4	1.168.794.716,77	-1.167.581.926,87	-107.033,50	-45.065,38	1.060.691,01	-265.172,75	795.518,26	840.583,64	574.129,93	-240.372,92
5	1.203.858.558,27	-1.202.609.384,68	-93.977,78	-45.065,38	1.110.130,43	-277.532,61	832.597,82	877.663,20	544.959,80	304.586,87
6	1.239.974.315,02	-1.238.687.666,22	-80.239,76	-45.065,38	1.161.343,66	-290.335,91	871.007,74	916.073,12	517.099,40	821.686,27
7	1.277.173.544,47	-1.275.848.296,21	-65.783,79	-45.065,38	1.214.399,09	-303.599,77	910.799,32	955.864,70	490.509,73	1.312.196,00
8	1.315.488.750,80	-1.314.123.745,09	-50.572,35	-45.065,38	1.269.367,97	-317.341,99	952.025,98	997.091,36	465.150,48	1.777.346,48
9	1.354.953.413,33	-1.353.547.457,45	-34.565,97	-45.065,38	1.326.324,53	-331.581,13	994.743,40	1.039.808,78	440.980,43	2.218.326,90
10	1.395.602.015,72	-1.394.153.881,17	-17.723,09	-45.065,38	1.385.346,09	-346.336,52	1.039.009,57	1.084.074,94	417.957,82	2.636.284,72

10. VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El valor actual neto es un indicador económico que permite la evaluación de los flujos de caja generados en un futuro por una inversión realizada en el presente, teniendo en cuenta los mismos según la tasa de referencia exigida. Se calcula mediante la ecuación [10.1]: (*Peters et col., 1991*)

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^n \frac{R_i}{(1 + i')^n} \quad [10.1]$$

Donde:

I_0 : Inversión inicial

R_i : Flujo de caja en el año i

i' : Coste de oportunidad

n : Número de años del proyecto

Un valor positivo del VAN implica ganancias por encima de las del coste de oportunidad, como se puede ver en la tabla 9.1, el VAN a 10 años es de 2.636.284,72 €

11. TASA INTERNA DE RENTABILIDAD (TIR)

La tasa interna de rentabilidad se corresponde con la tasa a la que el VAN se hace nulo, por lo que, según los datos de la Tabla 9.1, para este proyecto se obtiene una TIR del 27,92%. (*Peters et col., 1991*)

12. TIEMPO DE RETORNO (PAYBACK)

El tiempo de retorno es el tiempo necesario para que la suma de los cobros actualizados se hace igual a la suma de los pagos actualizados. Al contrario que el VAN o la TIR no es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, sino de la liquidez del mismo. No obstante, el valor del tiempo de retorno debe ser inferior a la vida útil del proyecto. (*Peters et col., 1991*)

En este caso, a partir de los datos de la tabla 9.1, puede deducirse que el tiempo de retorno es de 5 años.

13. VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para este proyecto, los tres indicadores económicos evaluados han resultado satisfactorios debido a que se ha obtenido un valor del VAN positivo, la TIR es superior al coste de oportunidad y el tiempo de retorno es inferior al tiempo de vida útil del proyecto, por lo tanto, se considera viable la ejecución del proyecto.

Por otra parte, los cálculos realizados para obtener estos indicadores económicos se basan en un presupuesto de Clase 5. Esta clase de presupuestos tienen una incertidumbre elevada por lo que a medida que avance el proyecto y se recalculen los presupuestos con una mayor precisión estos indicadores económicos variarán pudiendo llegar a comprometer la viabilidad económica del proyecto.

14. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Por último, se hará un análisis de sensibilidad para determinar en que medida afectan los precios de las materias primas y los productos principales a la rentabilidad del proyecto. En este apartado se analizará la variación del VAN y la TIR en función de las variaciones de precios del MEG y del óxido de etileno por ser estos el principal producto y la principal materia prima respectivamente como aparece en la Tabla 14.1.

Tabla 14.1. Análisis de sensibilidad. Elaboración propia

Precio MEG	Precio EO	VAN	TIR
-1,00 %	-1,00 %	620.531,84 €	44,17 %
-1,00 %	0,00 %	-3.373.755,53 €	
-1,00 %	+1,00 %	-7.368.042,90 €	
0,00 %	-1,00 %	4.412.245,19 €	321,49 %
0,00 %	0,00 %	417.957,82 €	27,92 %
0,00 %	+1,00 %	-3.576.329,55 €	
+1,00 %	-1,00 %	8.203.958,54 €	597,98 %
+1,00 %	0,00 %	4.209.671,17 €	306,72 %
+1,00 %	+1,00 %	215.383,80 €	8,93 %

En base a la Tabla 14.1, puede deducirse que mientras las variaciones del precio del MEG y del óxido de etileno se mantengan proporcionales, la planta seguirá siendo rentable. No obstante, si el precio del MEG disminuye sin que lo haga el del óxido de etileno o aumenta el del óxido de etileno sin que lo haga el del MEG la viabilidad financiera de la planta podría verse comprometida. Como ha podido verse en el estudio de mercado los precios del óxido de etileno y del MEG están muy relacionados y los cambios en los precios del óxido de etileno repercuten directamente en los del MEG por lo que un escenario donde se produjese una variación en el precio de uno solo de ellos es altamente improbable.

15. BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA TRIBUTARIA. *Manual práctico de sociedades 2017*. [En línea] [Consultado: 15 Junio 2018] Disponible en:

http://www.agenciatributaria.es/static_files/AEAT/Contenidos_Comunes/La_Agencia_Tributaria/Informacion_institucional/Campanias/Sociedades_e_IRNR/Manual_Sociedades_2017.pdf

FEDERACIÓN EMPRESARIAL DE LA INDUSTRIA QUÍMICA ESPAÑOLA. *Radiografía del sector químico español 2018*. [En línea] [Consultado: 15 Junio 2018] Disponible en:

<https://radiografia.feique.org/>

INDEPENDENT CHEMICAL INFORMATION SERVICE. *Indicative Chemical Prices*. 2018 [En línea] [Consultado: 15 Junio 2018] Disponible en: <https://www.icis.com/chemicals/channel-info-chemicals-a-z/>

INSTITUTO DE CRÉDITO OFICIAL. *Empresas y emprendedores*. [En línea] [Consultado: 15 Junio 2018] Disponible en: <https://www.ico.es/web/ico/ico-empresas-y-emprendedores/-/lineasICO/view?tab=tipoInteres>

PETERS, M.S. y TIMMERHAUS, K.D. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. 4ª Edición. Estados Unidos de América: McGraw-Hill, 1991. ISBN: 0-07-100871-3

ORGANIZACIÓN DE CONSUMIDORES Y USUARIOS. *Precio del agua*. [En línea] [Consultado: 15 Junio 2018] Disponible en: <https://www.ocu.org/alimentacion/agua/informe/el-precio-del-agua>

ANEXO IV. ÍNDICE DOW

Planta de producción de etil-glicol (etano-1,2-diol) a partir de
óxido de etileno

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	ÍNDICE DE FUEGO Y EXPLOSIÓN PARA EL REACTOR	3
2.1.	Factor de material	5
2.2.	Riesgos generales de proceso	5
2.2.1.	Reacciones exotérmicas	5
2.2.2.	Reacciones endotérmicas.....	5
2.2.3.	Transferencia y manejo de materiales	5
2.2.4.	Unidades de proceso cerradas	5
2.2.5.	Acceso	5
2.2.6.	Desagües	6
2.3.	Riesgos especiales de proceso	6
2.3.1.	Materiales tóxicos	6
2.3.2.	Presión baja	6
2.3.3.	Operación cerca de las condiciones de inflamabilidad	6
2.3.4.	Explosión de polvo	6
2.3.5.	Presión.....	7
2.3.6.	Temperatura baja.....	7
2.3.7.	Cantidad de material inflamable.....	7
2.3.8.	Corrosión y erosión	8
2.3.9.	Fugas por uniones y empaquetaduras	8
2.3.10.	Uso de calentadores con llama abierta.....	8
2.3.11.	Sistemas de intercambio térmico con aceite caliente	9
2.3.12.	Equipamiento rotatorio.....	9
2.4.	Conclusiones.....	9
3.	ÍNDICE DE FUEGO Y EXPLOSIÓN PARA LA TORRE DE EXTRACCIÓN	10
3.1.	Factor de material	12
3.2.	Riesgos generales de proceso	12
3.2.1.	Reacciones exotérmicas	12
3.2.2.	Reacciones endotérmicas.....	12

3.2.3.	Transferencia y manejo de materiales	12
3.2.4.	Unidades de proceso cerradas	12
3.2.5.	Acceso	12
3.2.6.	Desagües	13
3.3.	Riesgos especiales de proceso	13
3.3.1.	Materiales tóxicos	13
3.3.2.	Presión baja	13
3.3.3.	Operación cerca de las condiciones de inflamabilidad	13
3.3.4.	Explosión de polvo	13
3.3.5.	Presión.....	13
3.3.6.	Temperatura baja.....	13
3.3.7.	Cantidad de material inflamable.....	14
3.3.8.	Corrosión y erosión	15
3.3.9.	Fugas por uniones y empaquetaduras	15
3.3.10.	Uso de calentadores con llama abierta.....	15
3.3.11.	Sistemas de intercambio térmico con aceite caliente	15
3.3.12.	Equipamiento rotatorio.....	15
3.4.	Conclusiones.....	15
4.	BIBLIOGRAFÍA.....	17

1. INTRODUCCIÓN

El índice DOW de fuego y explosión es un método de análisis del riesgo que establece un sistema de evaluación objetiva y realista del fuego, las explosiones y el potencial reactivo de equipamiento de proceso y su contenido. Las medidas cuantitativas empleadas en este análisis se basan en datos históricos de pérdidas, del potencial energético del material bajo estudio y la medida en la cual las prácticas de prevención de pérdidas se aplican actualmente.

El propósito del índice de fuego y explosión es:

- Cuantificar el daño potencial causado por el fuego, las explosiones y los incidentes de reactividad en términos realistas.
- Identificar el equipamiento que podría contribuir a la creación o escalado de un incidente.
- Comunicar el potencial riesgo de fuego y explosión a la administración.

Todo este documento ha sido redactado a la séptima edición de la guía DOW de incendio y explosión.

2. ÍNDICE DE FUEGO Y EXPLOSIÓN PARA EL REACTOR

En la Tabla 2.1 puede verse un resumen del índice de incendio y explosión con los datos que se detallarán en los apartados siguientes.

Tabla 2.1. Índice DOW para el reactor. Elaboración propia a partir de American Institute of Chemical Engineers, 1994

FACTOR DE MATERIAL		29
1. Riesgos generales de proceso	Rango de penalización	Penalización empleada
FACTOR BASE	1	1
A. Reacciones exotérmicas	0,30 - 1,25	0,3
B. Reacciones endotérmicas	0,20 - 0,40	0
C. Transferencia y manejo materiales	0,25 - 0,85	0
D. Unidades de proceso cerradas	0,30 - 0,90	0
E. Acceso		0
F. Desagües	0,25 - 0,50	0
FACTOR DE RIESGOS GENERALES DEL PROCESO (F₁)		1,30
2. Riesgos especiales del proceso		
FACTOR BASE	1	1
A. Materiales tóxicos	0,2 – 0,8	0,6
B. Presión baja (<500mmHg)	0,5	0
C. Operación en o cerca condiciones de inflamabilidad		
1. Líquidos inflamables almacenados en tanques en el exterior	0,5	0
2. Alteración del proceso o fallo de purga	0,3	0
3. Siempre en condiciones de inflamabilidad	0,8	0,8
D. Explosión de polvo	0,25 – 2,00	0
E. Presión		0,25
F. Temperatura baja	0,2 – 0,3	0
G. Cantidad de material inflamable		
1. Líquidos o gases en procesos		0,15
2. Líquidos o gases almacenados		0
3. Sólidos combustibles almacenados		0
H. Corrosión y erosión	0,1 – 0,75	0,1
I. Fugas por uniones y empaquetaduras	0,1 – 1,50	0
J. Uso de calentadores con llama abierta		0
K. Sistema intercambio térmico con aceite caliente	0,15 – 1,50	0
L. Equipamiento rotatorio		0
FACTOR DE RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO (F₂)		2,90
FACTOR DE RIESGO DE LA UNIDAD (F₁ x F₂ = F₃)		3,77
ÍNDICE DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN (F₃ x MF) = IIE		109,33

2.1. Factor de material

El contenido principal del reactor es una mezcla de agua, MEG y óxido de etileno. En índice DOW establece que en estos casos la inflamabilidad y reactividad debe representar los peligros de ambos.

En este caso no se puede emplear una regla de mezcla debido a que la composición va cambiando a lo largo de toda la longitud del reactor por lo que se valorará el peor escenario posible y se considerará para el factor de materia el óxido de etileno que en este caso posee un valor de 29.

2.2. Riesgos generales de proceso

2.2.1. Reacciones exotérmicas

En este caso, en el reactor existe una reacción ligeramente exotérmica, ya que se trata de una hidrólisis, por lo que se empleará un valor de 0,3.

2.2.2. Reacciones endotérmicas

No aplica debido a que este reactor no se dan reacciones endotérmicas.

2.2.3. Transferencia y manejo de materiales

En esta unidad no se producen procesos de carga y descarga de líquidos inflamables por lo que no aplica.

2.2.4. Unidades de proceso cerradas

La unidad no se encuentra en una instalación cerrada por lo que no aplica.

2.2.5. Acceso

La unidad cuenta con los accesos necesarios para que no se aplique ninguna penalización por este factor.

2.2.6. Desagües

La unidad cuenta con los suficientes sistemas de drenaje de líquidos para que no se aplique ninguna penalización por este aspecto.

2.3. Riesgos especiales de proceso

2.3.1. Materiales tóxicos

Se aplica una penalización de 0,6 porque se debe multiplicar por 0,2 el máximo valor de toxicidad de todos los compuestos según la NFPA, que en este caso es de 3 debido a la presencia del óxido de etileno.

2.3.2. Presión baja

No aplica por no existir presiones inferiores a los 500 mmHg.

2.3.3. Operación cerca de las condiciones de inflamabilidad

Se aplica una penalización de 0,8 debido a que por las propias condiciones del reactor el óxido de etileno se encuentra siempre en sus condiciones de inflamabilidad.

2.3.4. Explosión de polvo

No aplica por no existir materiales sólidos que puedan dar lugar a explosiones de polvo.

2.3.5. Presión

Para aplicar el factor de presión se debe emplear la Figura 2.1. En este caso la presión es de 3,40 barg, lo que corresponde a 49,31 psig.

A partir de la Figura 2.1 se puede concluir que el factor de aplicación será de 0,25.

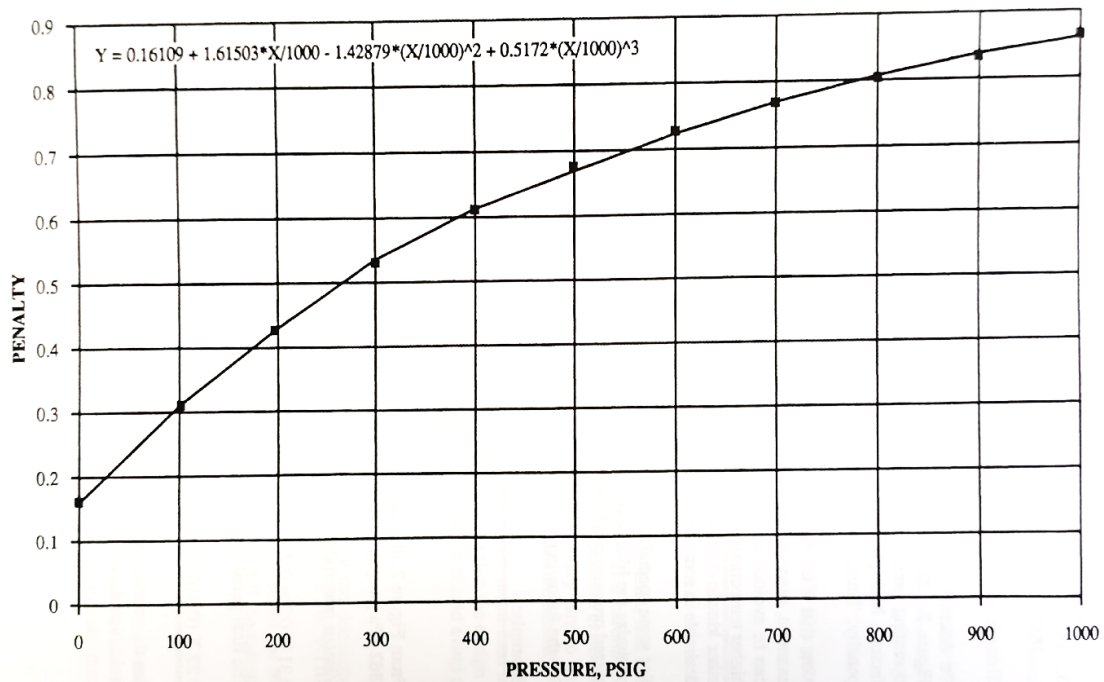


Figura 2.1. Relación entre la presión y la penalización aplicada. (American Institute of Chemical Engineers, 1994)

2.3.6. Temperatura baja

No aplica porque todas las temperaturas son superiores a 10°C.

2.3.7. Cantidad de material inflamable

Para evaluar el factor de penalización asociado a la presencia de líquidos o gases inflamables en proceso debe evaluarse la cantidad que puede fugarse de un equipo o de la tubería conectada en un periodo de 10 minutos, partiendo de los datos de los escenarios de fugas en 10 minutos se pueden fugar 247,58 kg de óxido de etileno del reactor. Multiplicándolo por su energía de combustión se puede ver en la ecuación [2.1] se obtiene la cantidad de energía liberada.

$$\Delta H = m \cdot H_c \quad [2.1]$$

$$\Delta H = 247,58 \text{ kg} \cdot 1.306 \text{ kJ/kg} = 323.346,91 \text{ kJ} = 306.473,74 \text{ BTU} \quad [2.2]$$

Con la energía liberada por la combustión se puede evaluar en la Figura 2.2 el factor de penalización a aplicar. Que en este caso será de 0,15.

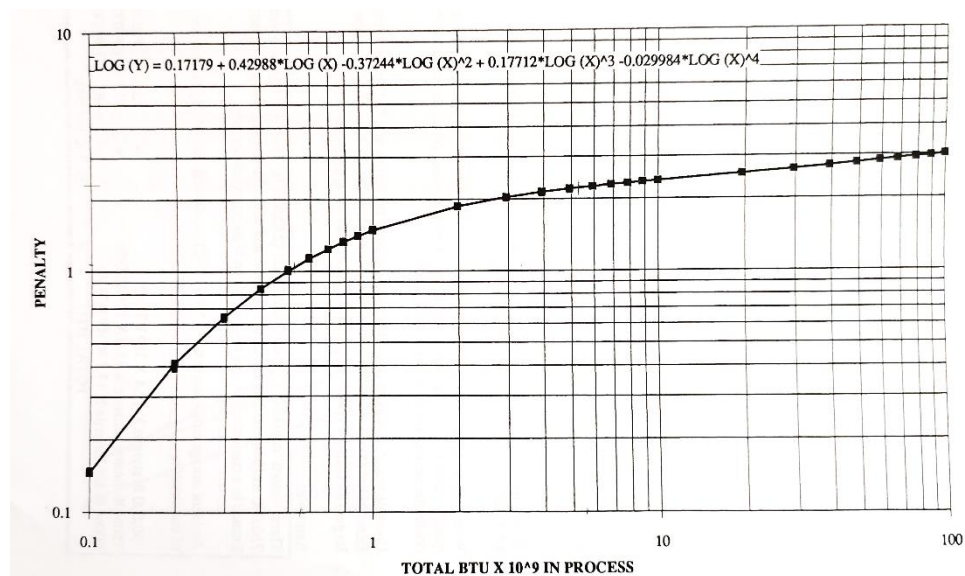


Figura 2.2. Penalización por líquidos o gases inflamables. (American Institute of Chemical Engineers, 1994)

Los apartados de líquidos o gases almacenados y de combustibles sólidos no aplican para esta unidad.

2.3.8. Corrosión y erosión

Se aplica la penalización de 0,1 debido a que la corrosión es inferior a 0,5 milímetros por año al no haber ningún material corrosivo.

2.3.9. Fugas por uniones y empaquetaduras

No aplica por no existir oscilaciones cíclicas de presión y temperatura ni ser propensas las juntas y bombas a sufrir fugas.

2.3.10. Uso de calentadores con llama abierta

No aplica por no existir calentadores de llama abierta.

2.3.11. Sistemas de intercambio térmico con aceite caliente

No aplica por no existir sistemas de intercambio térmico con aceite caliente.

2.3.12. Equipamiento rotatorio

No aplica por no existir equipamiento rotatorio.

2.4. Conclusiones

A partir del índice de fuego y explosión obtenido, 109,33, se puede hallar el radio afectado por una explosión a partir de la Figura 2.3.

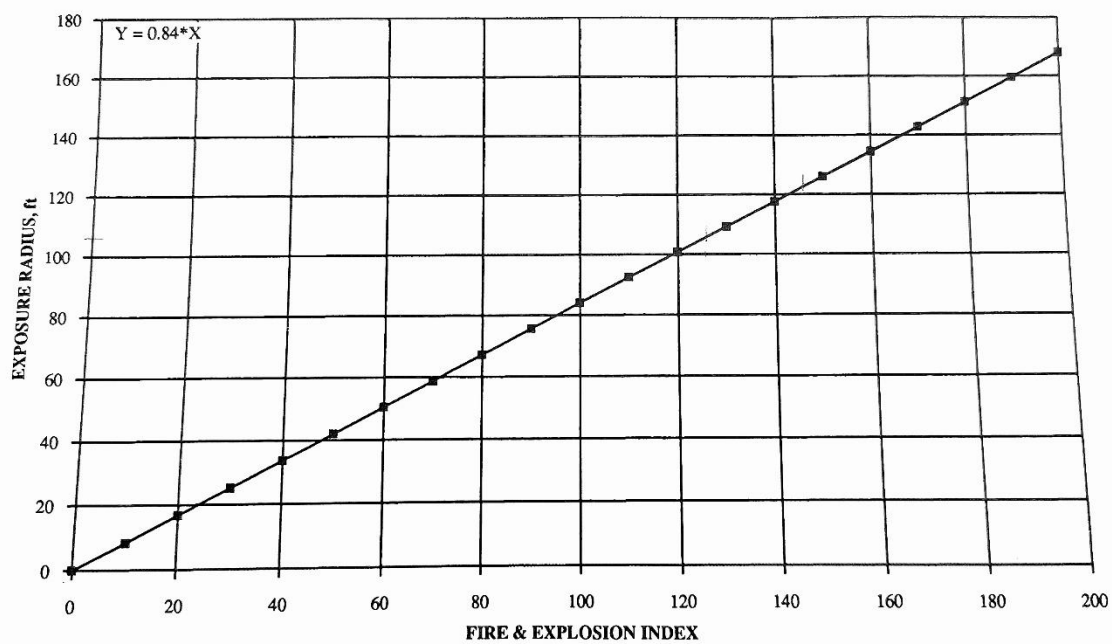


Figura 2.3. Radio de afectación a partir del IIE. (American Institute of Chemical Engineers, 1994)

En este caso el radio de afectación sería de 90 pies, lo que equivale a 27,43 metros. Una vez calculado el radio de explosión, mediante la Figura 2.4. se calcula el factor de daños.

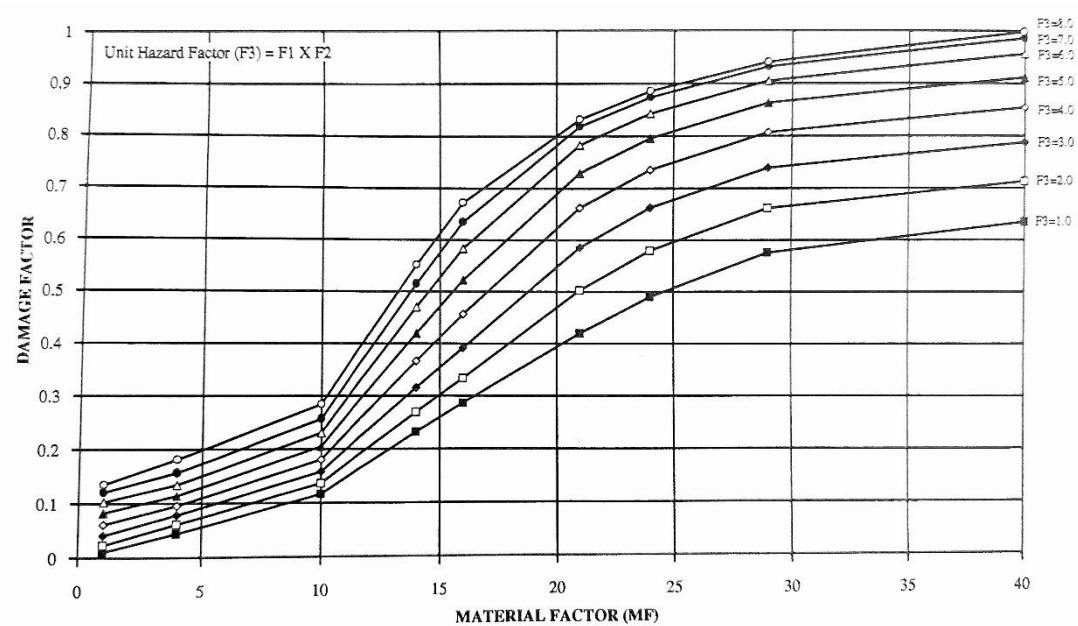


Figura 2.4. Factor de daños. (American Institute of Chemical Engineers, 1994)

En este caso, para un factor de material de 29 y un factor de riesgo de la unidad de 3,77 se obtiene un factor de daños de 0,77. Multiplicando este factor de daño por el valor de los equipos situados en el área de afectación permitiría obtener el daño base máximo a la propiedad causado por un incendio o explosión.

En base a lo presentado en el presupuesto, el coste de los tres reactores es de 215.325,80€ por lo que los daños causados serán de 165.800,89 €.

3. ÍNDICE DE FUEGO Y EXPLOSIÓN PARA LA TORRE DE EXTRACCIÓN

En la Tabla 3.1 puede verse un resumen del índice de incendio y explosión con los datos que se detallarán en los apartados siguientes.

Tabla 3.1. Índice DOW para la torre de extracción. Elaboración propia a partir de American Institute of Chemical Engineers, 1994

FACTOR DE MATERIAL		24
1. Riesgos generales de proceso	Rango de penalización	Penalización empleada
FACTOR BASE	1	1
A. Reacciones exotérmicas	0,30 - 1,25	0
B. Reacciones endotérmicas	0,20 - 0,40	0
C. Transferencia y manejo materiales	0,25 - 0,85	0
D. Unidades de proceso cerradas	0,30 - 0,90	0
E. Acceso		0
F. Desagües	0,25 - 0,50	0
FACTOR DE RIESGOS GENERALES DEL PROCESO (F₁)		1,00
2. Riesgos especiales del proceso		
FACTOR BASE	1	1
A. Materiales tóxicos	0,2 – 0,8	0,6
B. Presión baja (<500mmHg)	0,5	0
C. Operación en o cerca condiciones de inflamabilidad		
1. Líquidos inflamables almacenados en tanques en el exterior	0,5	0
2. Alteración del proceso o fallo de purga	0,3	0
3. Siempre en condiciones de inflamabilidad	0,8	0
D. Explosión de polvo	0,25 – 2,00	0
E. Presión		0
F. Temperatura baja	0,2 – 0,3	0
G. Cantidad de material inflamable		
1. Líquidos o gases en procesos		0,15
2. Líquidos o gases almacenados		0
3. Sólidos combustibles almacenados		0
H. Corrosión y erosión	0,1 – 0,75	0,1
I. Fugas por uniones y empaquetaduras	0,1 – 1,50	0
J. Uso de calentadores con llama abierta		0
K. Sistema intercambio térmico con aceite caliente	0,15 – 1,50	0
L. Equipamiento rotatorio		0
FACTOR DE RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO (F₂)		1,85
FACTOR DE RIESGO DE LA UNIDAD (F₁ x F₂ = F₃)		1,85
ÍNDICE DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN (F₃ x MF) = IIE		44,4

3.1. Factor de material

El contenido principal de la torre de extracción es una mezcla de agua, MEG y furfural. En índice DOW establece que en estos casos la inflamabilidad y reactividad debe representar los peligros de ambos.

En este caso, debido a la inflamabilidad y toxicidad del furfural, el índice de material debe ser 24.

3.2. Riesgos generales de proceso

3.2.1. Reacciones exotérmicas

No aplica debido a que no se dan reacciones exotérmicas.

3.2.2. Reacciones endotérmicas

No aplica debido a que no se dan reacciones endotérmicas.

3.2.3. Transferencia y manejo de materiales

En esta unidad no se producen procesos de carga y descarga de líquidos inflamables por lo que no aplica.

3.2.4. Unidades de proceso cerradas

La unidad no se encuentra en una instalación cerrada por lo que no aplica.

3.2.5. Acceso

La unidad cuenta con los accesos necesarios para que no se aplique ninguna penalización por este factor.

3.2.6. Desagües

La unidad cuenta con los suficientes sistemas de drenaje de líquidos para que no se aplique ninguna penalización por este aspecto.

3.3. Riesgos especiales de proceso

3.3.1. Materiales tóxicos

Se aplica una penalización de 0,6 porque se debe multiplicar por 0,2 el máximo valor de toxicidad de todos los compuestos según la NFPA, que en este caso es de 3 debido a la presencia del furfural.

3.3.2. Presión baja

No aplica por no existir presiones inferiores a los 500 mmHg.

3.3.3. Operación cerca de las condiciones de inflamabilidad

No aplica debido a que su baja temperatura hace que todos los compuestos que se encuentran en más de un 5% en masa estén por debajo de su temperatura de inflamabilidad.

3.3.4. Explosión de polvo

No aplica por no existir materiales sólidos que puedan dar lugar a explosiones de polvo.

3.3.5. Presión

No aplica debido a que la columna opera a presión atmosférica.

3.3.6. Temperatura baja

No aplica porque todas las temperaturas son superiores a 10°C.

3.3.7. Cantidad de material inflamable

Para evaluar el factor de penalización asociado a la presencia de líquidos o gases inflamables en proceso debe evaluarse la cantidad que puede fugarse de un equipo o de la tubería conectada en un periodo de 10 minutos, partiendo de los datos de los escenarios de fugas en 10 minutos se pueden fugar 718 kg de la mezcla, de los cuales, 223 kg corresponderían a MEG y 187 kg a furfural. Multiplicándolo por su energía de combustión se puede ver en la ecuación [3.1] la cantidad de energía liberada.

$$\Delta H = m \cdot H_c \quad [3.1]$$

$$\Delta H_{MEG} = 223 \text{ kg} \cdot 17.061,38 \text{ kJ/kg} = 3.804.687 \text{ kJ} = 3,60 \cdot 10^6 \text{ BTU} \quad [3.2]$$

$$\Delta H_{Furfural} = 187 \text{ kg} \cdot 24.298,70 \text{ kJ/kg} = 4.543.856 \text{ kJ} = 4,31 \cdot 10^6 \text{ BTU} \quad [3.3]$$

Obteniendo una energía total de $7,91 \cdot 10^6$ BTU.

Con la energía liberada por la combustión se puede evaluar en la Figura 3.1 el factor de penalización a aplicar. Que en este caso será de 0,15.

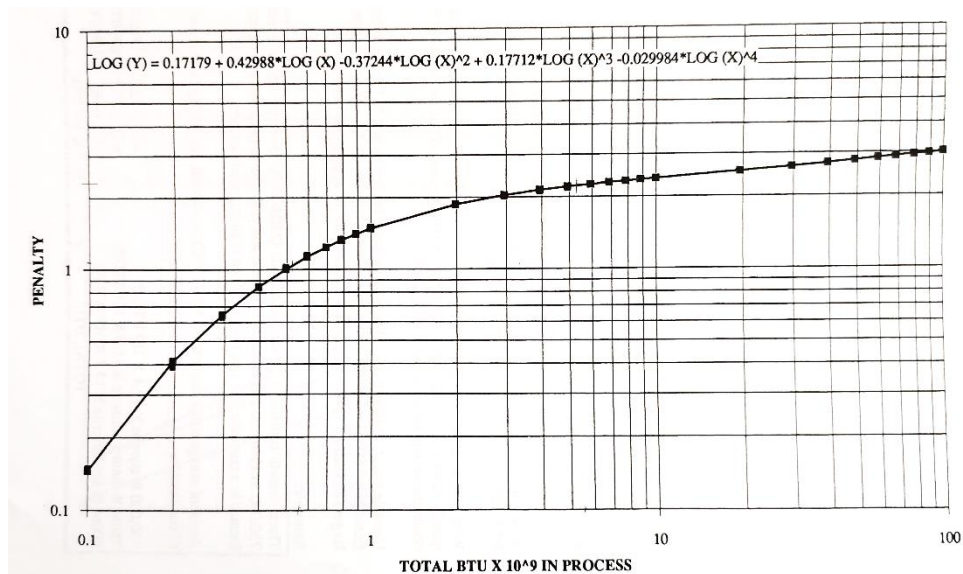


Figura 3.1. Penalización por líquidos o gases inflamables. (American Institute of Chemical Engineers, 1994)

Los apartados de líquidos o gases almacenados y de combustibles sólidos no aplican para esta unidad.

3.3.8. Corrosión y erosión

Se aplica la penalización de 0,1 debido a que la corrosión es inferior a 0,5 milímetros por año al no haber ningún material corrosivo.

3.3.9. Fugas por uniones y empaquetaduras

No aplica por no existir oscilaciones cíclicas de presión y temperatura ni ser propensas las juntas y bombas a sufrir fugas.

3.3.10. Uso de calentadores con llama abierta

No aplica por no existir calentadores de llama abierta.

3.3.11. Sistemas de intercambio térmico con aceite caliente

No aplica por no existir sistemas de intercambio térmico con aceite caliente.

3.3.12. Equipamiento rotatorio

No aplica por no existir equipamiento rotatorio.

3.4. Conclusiones

A partir del índice de fuego y explosión obtenido, 44,40, se puede hallar el radio afectado por una explosión a partir de la Figura 3.2.

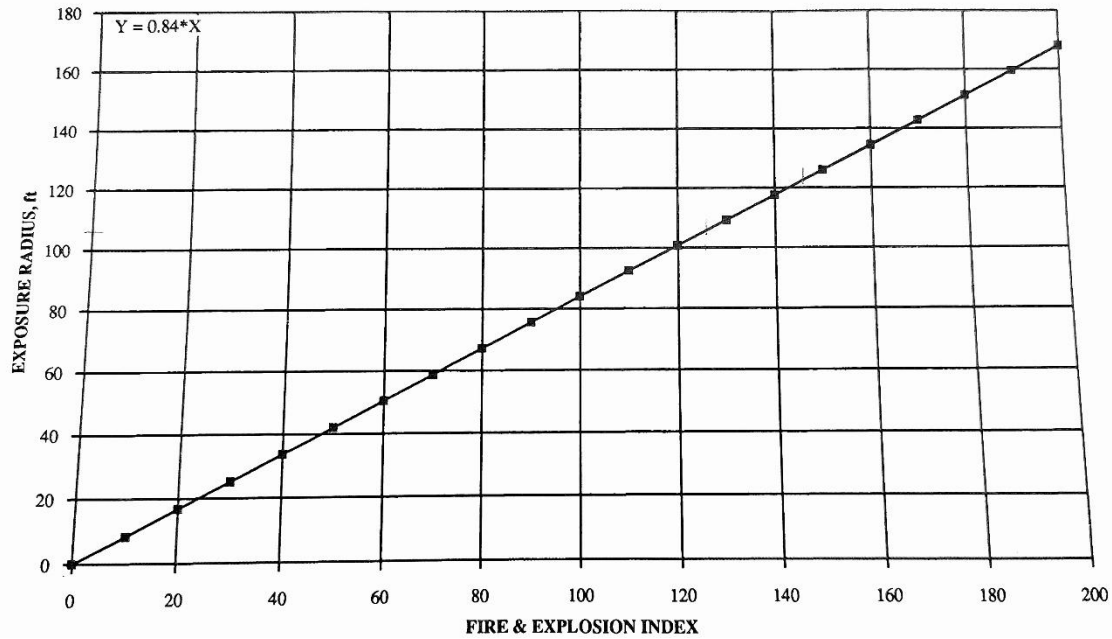


Figura 3.2. Radio de afectación a partir del IIE. (American Institute of Chemical Engineers, 1994)

En este caso el radio de afectación sería de 40 pies, lo que equivale a 12,19 metros. Una vez calculado el radio de explosión, mediante la Figura 3.3 se calcula el factor de daños.

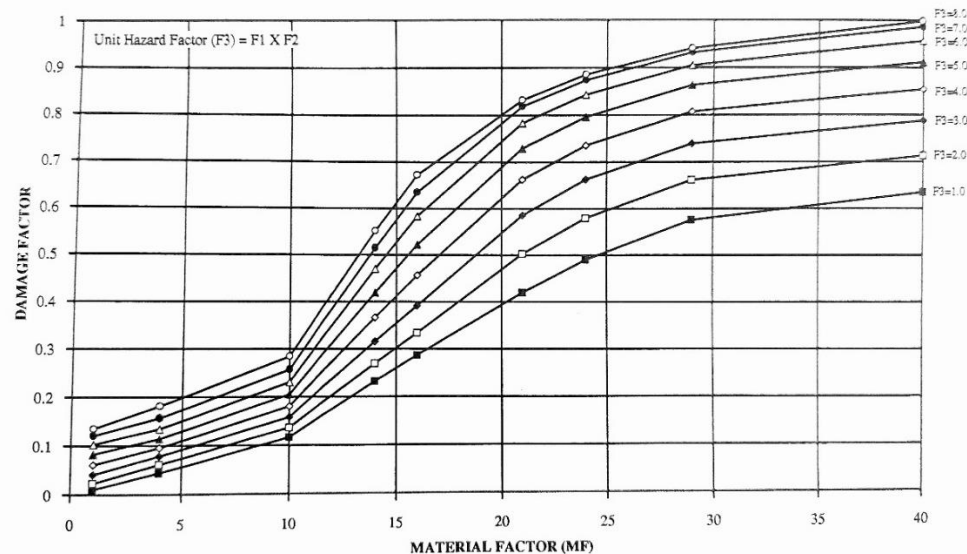


Figura 3.3. Factor de daños. (American Institute of Chemical Engineers, 1994)

En este caso, para un factor de material de 24 y un factor de riesgo de la unidad de 1,85 se obtiene un factor de daños de 0,55. Multiplicando este factor de daño por el valor de los equipos situados en el área de afectación permitiría obtener el daño base máximo a la propiedad causado por un incendio o explosión.

En base a lo presentado en el presupuesto, el coste de las tres torres de extracción es de 235.327,98€ por lo que los daños causados serán de 129.430,39 €.

4. BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS. *DOW's Fire & Explosion Index Hazard Classification Guide.* 7ª Edición, AIChE technical manual. 1994.

ANEXO V. FICHAS DE SEGURIDAD

Planta de producción de etil-glicol (etano-1,2-diol) a partir de
óxido de etileno

ÍNDICE ANEXO V

- ALTERNATIVA PRINCIPAL. HIDRÓLISIS DEL ÓXIDO DE ETILENO

- Óxido de etileno
- Furfural
- Etilenglicol
- Dietilenglicol
- Trietilenglicol

- SELECCIÓN DEL DISOLVENTE

- Tolueno
- Benceno
- Acetato de metilo
- 1-butanol
- 2-butanona
- Ciclohexanona
- 1-hexanol
- 1-pentanol
- 4-metil-2-pentanona
- Etil éster de ácido fórmico

- ALTERNATIVAS SECUNDARIAS

- Monóxido de carbono
- Hidrógeno
- Metanol
- Manitol

Fichas de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) N° 1907/2006 (REACH), modificado por el Reglamento (UE) 2015/830

ÓXIDO DE ETILENO

Fecha de emisión: 15/05/2013

Reemplaza la ficha:

Fecha de revisión: 17/01/2017

Versión: 0.1

Referencia SDS: ESP-C2H4O-056

Peligro



SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1. Identificador del producto

Nombre comercial : ÓXIDO DE ETILENO
 Número de la Ficha de Datos de Seguridad : ESP-C2H4O-056
 Descripción Química : ÓXIDO DE ETILENO
 N° CAS : 75-21-8
 N° CE : 200-849-9
 N° Índice : 603-023-00-X
 Número de registro : 01-2119432402-53
 Fórmula química : C2H4O

1.2. Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos aplicables identificados : Industrial y profesional. Llevar a cabo evaluación de riesgo antes de usar
 Gas de ensayo / gas de calibrado
 Uso en laboratorio
 Reacción Química (Síntesis)
 Para mayor información sobre su uso contactar al suministrador
 Usos desaconsejados : Para consumidores

1.3. Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Identificación de la Compañía : Messer Ibérica de Gases, SAU
 Autovía Tarragona-Salou, Km. 3,8
 43480 Vilaseca (Tarragona) España
 +34 977 30 95 00
 www.messer.es
 info.es@messergroup.com

1.4. Teléfono de emergencia

Teléfono de emergencia : +34 977 84 24 34

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1. Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación según reglamento (UE) No. 1272/2008 [CLP]

Peligros físicos	Flam. Gas 1	H220
	Chem. Unst. Gas A	H230
	Press. Gas (Liq.)	H280
Peligros de salud	Acute Tox. 3 (Inhalation:gas)	H331
	Skin Irrit. 2	H315
	Eye Irrit. 2	H319
	Muta. 1B	H340
	Carc. 1B	H350
	STOT SE 3	H335

Texto completo de declaraciones-H, véase capítulo 16.

2.2. Elementos de la etiqueta

Etiquetado según el Reglamento (CE) N° 1272/2008 [CLP]

Pictogramas de peligro (CLP) :



Palabra de advertencia (CLP) :

Peligro

Indicaciones de peligro (CLP) :

H335 - Puede irritar las vías respiratorias
H220 - Gas extremadamente inflamable
H280 - Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento
H315 - Provoca irritación cutánea
H319 - Provoca irritación ocular grave
H331 - Tóxico en caso de inhalación
H340 - Puede provocar defectos genéticos
H350 - Puede provocar cáncer
H230 - Puede explotar incluso en ausencia de aire.

Consejos de prudencia (CLP) :

- Prevención : P202 - No manipular la sustancia antes de haber leído y comprendido todas las instrucciones de seguridad
P260 - No respirar el polvo, el humo, el gas, la niebla, los vapores o el aerosol
P280 - Llevar guantes de protección, prendas de protección, gafas de protección, máscara de protección
P210 - Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar
- Respuesta : P302+P352 - EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes
P304+P340+P315 - EN CASO DE INHALACIÓN : Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar. Consulte a un médico inmediatamente
P305+P351+P338+P315 - EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS : Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando. Consulte a un médico inmediatamente
P308+P313 - EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Consultar a un médico
P332+P313 - En caso de irritación cutánea: Consultar a un médico
P377 - Fuga de gas en llamas: No apagar, salvo si la fuga puede detenerse sin peligro
P381 - Eliminar todas las fuentes de ignición si no hay peligro en hacerlo
- Almacenamiento : P403 - Almacenar en un lugar bien ventilado
P405 - Guardar bajo llave

2.3. Otros peligros

: Ninguno

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

3.1. Sustancias

Nombre	Identificador del producto	%	Clasificación según reglamento (UE) No. 1272/2008 [CLP]
ÓXIDO DE ETILENO	(N° CAS) 75-21-8 (N° CE) 200-849-9 (N° Índice) 603-023-00-X (Número de registro) 01-2119432402-53	100	Flam. Gas 1, H220 Chem. Unst. Gas A, H230 Press. Gas (Liq.), H280 Acute Tox. 3 (Inhalation:gas), H331 Skin Irrit. 2, H315 Eye Irrit. 2, H319 Muta. 1B, H340 Carc. 1B, H350 STOT SE 3, H335

No contiene otros componentes o impurezas que puedan influir en la clasificación del producto.

Texto completo de declaraciones-H, véase capítulo 16.

3.2. Mezclas : No aplicable

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1. Descripción de los primeros auxilios

- Inhalación : Retirar a la víctima a un área no contaminada llevando colocado el equipo de respiración autónoma. Mantener a la víctima caliente y en reposo. Llamar al doctor. Aplicar la respiración artificial si se para la respiración
- Contacto con la piel : Quitarse las ropas contaminadas
- Contacto con los ojos : Lavar inmediatamente los ojos con agua durante, al menos, 15 minutos
- Ingestión : La ingestión no está considerada como una vía potencial de exposición

4.2. Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

- : A elevadas concentraciones puede causar asfixia. Los síntomas pueden incluir la pérdida de la consciencia o de la movilidad. La víctima puede no haberse dado cuenta de la asfixia
- A bajas concentraciones puede tener efectos narcotizantes. Los síntomas pueden incluir vértigos, dolor de cabeza, náuseas y pérdida de coordinación
- Puede provocar irritación a la cornea (afectando temporalmente a la visión)
- Puede producir irritación a la piel
- Ver la Sección 11

4.3. Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

- : Después de inhalado tratar con spray de corticosteroides tan pronto como sea posible
- Obtener asistencia médica

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1. Medios de extinción

- Medios de extinción adecuados : Agua en spray o en nebulizador
Polvo seco
- Medios de extinción inadecuados : No usar agua a presión para extinguirlo
Dióxido de carbono

5.2. Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

- Peligros específicos : La exposición al fuego puede causar la rotura o explosión de los recipientes
- Productos de combustión peligrosos : La combustión incompleta puede formar monóxido de carbono

5.3. Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

- Métodos específicos : Utilizar medidas de control de incendios apropiadas con el incendio circundante. La exposición de los envases de gas al fuego y al calor puede provocar su ruptura. Enfriar los envases dañados con chorro de agua pulverizada desde una posición protegida. No vaciar el agua contaminada por el fuego en los desagües
Si es posible detener la fuga de producto
Usar agua en spray o en nebulizador para disipar humos de incendios
No extinguir una fuga de gas inflamada si no es absolutamente necesario. Se puede producir la reignición espontánea explosiva. Extinguir los otros fuegos
Desplazar los contenedores lejos del área del fuego si ello se puede hacer sin riesgo
- Equipo de protección especial para extinción de incendios : Utilizar equipos de respiración autónoma en combinación con ropa ajustada de protección química
EN 943-2: ropa de protección frente a productos químicos líquidos y gaseosos, aerosoles y partículas sólidas. Trajes de protección herméticos frente a productos químicos para equipos de emergencia
Standard EN 137-máscara de cara completa que incluya un aparato de respiración autónoma de aire comprimido en circuito abierto

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1. Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

- : Intentar parar el escape/derrame
- Evacuar el área
- Vigilar la concentración de producto emitido
- Téngase en cuenta el riesgo de atmósferas explosivas
- Utilizar equipos de respiración autónoma cuando entren en el área a menos que esté probado que la atmósfera es segura
- Utilizar equipos de respiración autónoma en combinación con ropa ajustada de protección química
- Eliminar las fuentes de ignición
- Asegurar la adecuada ventilación de aire
- Prevenir la entrada en alcantarillas, sótanos, fosos de trabajo o en cualquier otro lugar donde la acumulación pueda ser peligrosa
- Actuar de acuerdo con el plan de emergencia local
- Mantenerse en la parte de donde sopla el viento

6.2. Precauciones relativas al medio ambiente

- : Intentar parar el escape/derrame
- Reducir el vapor con agua en niebla o pulverizada

6.3. Métodos y material de contención y de limpieza

- : Regar el área con agua
- Ventilar la zona
- Mantener el área evacuada y libre de fuentes de ignición hasta que el líquido derramado se haya evaporado (el suelo deberá estar libre de escarcha)
- Lavar los lugares y el equipo contaminado con abundantes cantidades de agua

6.4. Referencia a otras secciones

- : Ver también las Secciones 8 y 13

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento**7.1. Precauciones para una manipulación segura**

- Uso seguro del producto
 - : La sustancia debe manipularse según procedimientos de higiene industrial y de seguridad reconocidos
 - Solo personas experimentadas y debidamente entrenadas deben manejar gases sometidos a presión
 - Considerar los instrumentos de reducción de la presión en las instalaciones de gas.
 - Comprobar que el conjunto del sistema de gas ha sido, o es con regularidad, revisado antes de usarse respecto a la posibilidad de escapes
 - No fumar cuando se manipule el producto
 - Evítese la exposición, recabese instrucciones especiales antes del uso
 - Utilizar solo equipo específicamente apropiado para este producto y para su presión y temperatura de suministro, en caso de duda contacte con su suministrador
 - Se recomienda la instalación de un sistema de purgado entre la botella y el regulador
 - Purgar el sistema con un gas inerte seco (p.ej. Helio o nitrógeno) antes de introducir el gas y también cuando el sistema no este en uso
 - Evitar el retorno del agua, los ácidos y las bases
 - Tener en cuenta el riesgo de una posible atmósfera susceptible de explotar y la necesidad de disponer de un equipo que pruebe la explosión
 - Purgar el aire del sistema antes de introducir el gas
 - Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas
 - Mantener lejos de fuentes de ignición, incluyendo descarga estática
 - Considerar el uso de herramientas que no emitan chispas
 - No inhalar gas
 - Evitar la difusión del producto en la atmósfera.

- Manipulación segura del envas del gas :
- Solicitar del suministrador las instrucciones de manipulación de los contenedores
 - No permitir el retroceso hacia el interior del recipiente
 - Proteger las botellas de los daños materiales, no arrastrar, ni rodar, deslizar ó dejar caer
 - Si mueve botellas, incluso en pequeños recorridos, use una carretilla (mecanica, manual, etc)
 - diseñada para transportar botellas
 - Mantener colocada la caperuza de la valvula hasta que el envase quede fijo contra una pared, un banco ó situado en una plataforma, y ya dispuesto para su uso
 - Si el usuario aprecia cualquier problema en una valvula de una botella en uso, termine su utilización y contacte al suministrador
 - Nunca intentar reparar ó modificar las valvulas de los depositos ó los mecanismos de seguridad
 - Las valvulas que estan dañadas deben ser inmediatamente comunicadas al suministrador
 - Mantener los accesorios de la valvula del deposito libre de contaminantes, especialmente aceites y agua
 - Reponer la caperuza de la valvula ó del depósito si se facilitan por el suministrador, siempre que el envase quede desconectado del equipo
 - Cierre la valvula del del deposito despues de su uso y cuando quede vacio, incluso si aún esta conectado al equipo
 - No intentar nunca trasvasar gases de una botella/envase a otro
 - No utilizar nunca mecanismos con llamas ó de calentamiento electrico para elevar la presión del deposito
 - No quitar ni desfigurar las etiquetas facilitadas por el suministrador para identificar el contenido de las botellas.

7.2. Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

- Observar todas las regulaciones y los requerimientos locales relativos al almacenamiento de contenedores
- Los contenedores no deben ser almacenados en condiciones que favorezcan la corrosión
- Las protecciones de las valvulas y las caperuzas deben estar colocadas
- Los contenedores deben de ser almacenados en posición vertical y debidamente asegurados para evitar su caída
- Los contenedores almacenados deben ser comprobados periodicamente respecto a su estado general y a posibles fugas
- Mantener el contenedor por debajo de 50°C, en un lugar bien ventilado
- Almacenar los contenedores en un lugar libre del riesgo y lejos de fuentes de calor e ignición
- Mantener alejado de materiales combustibles
- Separa de los gases oxidantes o de otros materiales oxidantes durante el almacenamiento
- Todos los equipos electricos en las areas de almacenamiento deben ser compatibles con el riesgo de una posible atmosfera explosiva.

7.3. Usos específicos finales

- Ninguno.

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

8.1. Parámetros de control

ÓXIDO DE ETILENO (75-21-8)		
OEL : Límites de exposición profesional		
España	VLA-ED España [mg/m³]	1,8 mg/m³
	VLA-ED España [ppm]	1 ppm

ÓXIDO DE ETILENO (75-21-8)		
DNEL: Nivel sin efectos derivados (trabajadores)		
Aguda - efectos sistémicos, inhalación	5 mg/m³	
	2,7 ppm	
A largo plazo - efectos sistémicos, inhalación	1,6 mg/m³ (DMEL)	

ÓXIDO DE ETILENO (75-21-8)		
PNEC: Concentración prevista sin efectos		
PNEC Agua (agua corriente)	0,084 mg/l	
PNEC Agua (agua marina)	0,0084 mg/l	
PNEC Sedimentos, agua corriente	0,178 mg/kg de peso en seco	
PNEC Sedimentos, agua marina	0,0178 mg/kg de peso en seco	
PNEC Suelo, agrícola	0,0136 mg/kg de peso en seco	
Microorganismos en plantas de tratamiento de aguas	13 mg/l	

residuales (EDAR) .

8.2. Controles de la exposición

8.2.1. Controles técnicos apropiados

- : Proporcionar ventilación adecuada, general y local, a los gases de escape
- Producto que debe ser manipulado en sistema cerrado
- Usar preferiblemente solo en instalaciones selladas contra fugas permanentemente (Por ej. tuberías soldadas)
- Los sistemas sujetos a presión deben ser regularmente comprobados respecto a fugas
- Mantener la concentración por debajo de los límites de concentración admitido para profesionales
- Deben ser usados detectores de gases cuando puedan desprenderse gases tóxicos
- Considerar un sistema de permisos de trabajo p.ej para trabajos de mantenimiento

8.2.2. Equipo de protección personal

- : Un análisis de riesgos debe ser realizado y formalizado en cada área de trabajo para evaluar los riesgos relacionados con el uso del producto y para determinar el PPE que provoca un riesgo relevante. Estas recomendaciones deben ser tenidas en cuenta
- Proteger los ojos, cara y piel de las salpicaduras de líquido
- PPE que cumplan los estándares recomendados por EN/ISO deben seleccionarse

• Protección para el ojo/cara

- : usar gafas con de seguridad con protecciones laterales
- Usar gafas cerradas sobre los ojos y protector para la cara al hacer trasvases o al efectuar desconexiones
- Estándar EN 166- Protección ocular-especificaciones
- Proporcionar puntos de limpieza de ojos y duchas de seguridad fácilmente accesibles

• Protección para la piel

- Protección de las manos

- : Usar guantes de trabajo al manejar envases de gases
- Standard EN 388- guantes que protegen contra riesgos mecánicos
- Usar guantes protectores que resistan a los productos químicos
- Standard EN 388- guantes que protegen contra productos químicos
- Tiempo de filtración: mínimo >480min exposición de larga duración: material /espesor [mm]
- Goma de Butyl (IIR) 0,7
- Consultar la información del fabricante del guante sobre el producto en relación con la idoneidad del material y su espesor
- El tiempo de ruptura previsto para el guante seleccionado debe de ser mayor que el tiempo de uso pretendido

- Otras

- : Considerar el uso de prendas de seguridad resistentes a llama antiestática
- Estándar EN ISO 14116- Materiales que limitan la difusión de llamas
- Standard EN ISO 1149-5- Ropa de protección: Propiedades electrostáticas
- Usar zapatos de seguridad mientras se manejan envases
- Standard EN ISO 20345 - Equipos de protección personal-zapatos de seguridad
- Disponer de traje antiácido resistente al producto para usar en caso de emergencia
- Standard EN 943-1- Trajes con protección completa contra productos químicos en estado líquido, sólido y gaseoso.

• Protección de las vías respiratorias

- : Los filtros de gas pueden usarse si todas las condiciones existentes, tales como tipo, concentración del/los contaminante/s y tiempo de uso son todas conocidas.
- Usar filtros de gas y mascarar que cubran toda la cara, en caso de superar los límites de exposición por un periodo corto de tiempo, por ej. Al conectar o desconectar contenedores
- Filtro recomendado AX (marrón)
- Para la selección del equipo adecuado consultar la información de producto elaborada por el fabricante del equipo de respiración
- Los filtros de gas no protegen contra la insuficiencia de oxígeno
- Standard EN 14387-filtros de gas(es), filtro(s) combinado(s) y mascarar que cubran toda la cara-EN 136
- Disponer de aparato de respiración autónomo para uso en caso de emergencia
- Standard EN 137-mascarar de cara completa que incluya un aparato de respiración autónomo de aire comprimido en circuito abierto
- Se recomienda un sistema de respiración autónoma, en caso de que pueda producirse una exposición a algo no conocido, por ej. Al efectuar operaciones de mantenimiento de instalaciones

• Peligros térmicos

- : No necesaria

8.2.3. Controles de exposición medioambiental

: Tener en cuenta las regulaciones locales relativas a las restricciones de emisiones a la atmosfera. Ver sección 13 para metodos especificos de tratamiento de residuos de gases.

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1. Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Apariencia

- Estado físico a 20°C / 101.3kPa : Gas.
- Color : Incoloro.

Olor : Etéreo. Sin olor a pequeñas concentraciones.

Umbral olfativo : La superación de limites por el olor es subjetiva e inadecuado para advertir del riesgo de sobrecarga.

Valor de pH : Inaplicable.

Masa molecular : 44 g/mol

Punto de fusión : -112 °C

Punto de ebullición : 10,4 °C

Punto de inflamación : No es aplicable a gases ni a mezcla de gases.

Temperatura crítica [°C] : 196 °C

Velocidad de evaporación (éter=1) : No es aplicable a gases ni a mezcla de gases.

Rango de inflamabilidad : 2,6 - 100 vol %

Presión de vapor [20°C] : 1,4 bar(a)

Presión de vapor [50°C] : 3,9 bar(a)

Densidad relativa del gas (aire=1) : 1,5

Densidad relativa del líquido (agua=1) : 0,89

Solubilidad en agua : No se dispone de datos fiables.

Coeficiente de reparto n-octanol/agua [log Kow] : -0,3

Temperatura de auto-inflamación : 435 °C

Viscosidad [20°C] : Inaplicable.

Propiedades explosivas : Inaplicable

Propiedades comburentes : Ninguno

9.2. Otros datos

Otros datos : El vapor es mas pesado que el aire. Puede acumularse en espacios confinados, particularmente al nivel del suelo o en sótanos

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1. Reactividad

: Sin riesgo de reactividad salvo lo expresado en la sub-seccion mas adelante

10.2. Estabilidad química

: Estable en condiciones normales
Los recipientes, en general, estan presurizados a 5 - 7 bares, con nitrógeno
Puede polimerizarse

10.3. Posibilidad de reacciones peligrosas

: Puede reaccionar violentamente con materias oxidantes
Puede formar mezclas explosivas con el aire

10.4. Condiciones que deben evitarse

: Puede descomponerse violentamente a altas temperaturas y/o presión o en presencia de un catalizador
Manténgase alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. – No fumar
Evitar humedades en las instalaciones

10.5. Materiales incompatibles

: Aire, Oxidante
Para información complementaria sobre su compatibilidad referirse a la ISO 11114

10.6. Productos de descomposición peligrosos

: Productos con riesgo de descomposición no se deben producir en condiciones normales de almacenamiento y uso

SECCIÓN 11: Información toxicológica

11.1. Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda : No se dispone de más información

CL50 inhalación rata (ppm)	1450 ppm/4 h
corrosión o irritación cutáneas	: Irritación a la piel
lesiones o irritación ocular graves	: Irritación de los ojos
sensibilización respiratoria o cutánea	: Se desconocen los efectos de este producto
Mutagenicidad	: Posibilidad de efectos irreversibles
Carcinogénesis	: Puede tener efecto cancerígeno
Tóxico para la reproducción : fertilidad	: Se desconocen los efectos de este producto
Tóxico para la reproducción : feto	: Se desconocen los efectos de este producto
toxicidad específica en determinados órganos (STOT) – exposición única	: Puede causar irritación al tracto respiratorio Daños a los glóbulos rojos de la sangre (envenenamiento hemolítico)
toxicidad específica en determinados órganos (STOT) – exposición repetida	: Daños a los glóbulos rojos de la sangre (envenenamiento hemolítico)
peligro de aspiración	: No es aplicable a gases ni a mezcla de gases

SECCIÓN 12: Información ecológica

12.1. Toxicidad

No se dispone de más información

12.2. (RA2 12.2.SH) Persistencia y degradabilidad

Evaluación : La sustancia es biodegradable. Es difícil que perviva.

12.3. (RA2 12.3SH) Potencial de bioacumulación

Evaluación : No es susceptible de bioacumulación debido a un bajo log Kow (log Kow <4). Referirlo a la sección 9.

12.4. Movilidad en el suelo

Evaluación : Debido a su alta volatilidad el producto es difícil que cause polución al suelo o al agua.

12.5. Resultados de la valoración PBT y mPmB

Evaluación : No se clasifica como PBT o vPvB

12.6. Otros efectos adversos

Efectos sobre la capa de ozono : Ninguno

Produce efectos en el calentamiento global : Se desconocen los efectos de este producto

SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

13.1. Métodos para el tratamiento de residuos

Necesidad no ser descargado a la atmósfera
Asegurarse de no superar los límites de emisión establecidos en regulaciones locales
Referirse al código de prácticas de EIGA Doc 30 Eliminación de gases accesible en
<http://www.eiga.org> para mayor información sobre métodos adecuados de vertidos

Lista de residuos peligrosos : 16 05 04: Contenedores de gases a presión (incluido halones) que contienen sustancias peligrosas

13.2. Informaciones complementarias

: Ninguno

SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

14.1. Número ONU

Nº ONU : 1040

14.2. Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas

Transporte por carretera/ferrocarril (ADR/RID) : ÓXIDO DE ETILENO

Transporte por aire (ICAO-TI / IATA-DGR) : Ethylene oxide

Transporte por mar (IMDG) : ETHYLENE OXIDE

14.3. Clase(s) de peligro para el transporte

Etiquetado :



2.3 : Gases tóxicos
2.1 : Gases inflamables

Transporte por carretera/ferrocarril (ADR/RID)

Clase : 2
Código de clasificación : 2TF
Identificación del peligro : 263
Restricciones en Túnel : B/D - Transporte en cisternas: Prohibido el paso por túneles de categorías B, C, D y E; Otros transportes: Prohibido el paso por túneles de categorías D y E

Transporte por aire (ICAO-TI / IATA-DGR)

Tipo / Div. (Sub. riesgo) :

Transporte por mar (IMDG)

Tipo / Div. (Sub. riesgo) : 2.3 (2.1)
Instrucciones de Emergencia (IE) - Fuego : F-D
Instrucciones de Emergencia (IE) - Escape : S-U

14.4. Grupo de embalaje

Transporte por carretera/ferrocarril (ADR/RID) : No aplicable
Transporte por aire (ICAO-TI / IATA-DGR) : No aplicable
Transporte por mar (IMDG) : No aplicable

14.5. Peligros para el medio ambiente

Transporte por carretera/ferrocarril (ADR/RID) : Ninguno.
Transporte por aire (ICAO-TI / IATA-DGR) : Ninguno.
Transporte por mar (IMDG) : Ninguno.

14.6. Precauciones particulares para los usuarios**Packing Instruction(s)**

Transporte por carretera/ferrocarril (ADR/RID) : P200

Transporte por aire (ICAO-TI / IATA-DGR)

Avion de pasaje y carga : Prohibido

Avion de carga solo : Prohibido

Transporte por mar (IMDG) : P200

Medidas de precaución especiales para el transporte : Evitar el transporte en los vehículos donde el espacio de la carga no esté separado del compartimiento del conductor
Asegurar que el conductor está enterado de los riesgos potenciales de la carga y que conoce que hacer en caso de un accidente o de una emergencia
Antes de transportar las botellas :
- Asegurar una ventilación adecuada
- Asegurarse de que los recipientes están bien fijados
- Asegurarse que las válvulas de las botellas están cerradas y no fugan
- Asegurarse que el tapón del acoplamiento de la válvula (cuando exista) está adecuadamente apretado
- Asegurarse que la caperuza de la válvula o la tulipa, (cuando exista), está adecuadamente apretada.

14.7. Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL y el Código IBC

: Inaplicable.

SECCIÓN 15: Información reglamentaria**15.1. Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla****UE-Reglamentos**

Restricciones de utilización : Reservado para uso profesional (Anexo VII REACH)

Directiva 2012/18/EU (Seveso III) : Figura en la lista

Reglamentos nacionales

Legislación Nacional (texto) : Asegúrese que se cumplen las normativas nacionales y locales.

Clase de peligro para el agua (WGK) : -

Kenn-Nº : 253

15.2. Evaluación de la seguridad química

: Un CSA (Análisis de seguridad química) ha sido desarrollado

SECCIÓN 16: Información adicional

- Indicación de modificaciones : Hoja de datos de seguridad revisada de acuerdo con la regulación de la Comisión (UE) N°2015/830.
- Consejos de formación : Los usuarios de los aparatos de respiración deben ser entrenados. Asegurarse que los operarios comprenden los riesgos de toxicidad. Asegurarse que los operarios conocen el riesgo de inflamabilidad.
- Información adicional : La presente Ficha de Datos de Seguridad está establecida de acuerdo con las Directivas Europeas en vigor.

Texto íntegro de las frases H y EUH

Acute Tox. 3 (Inhalation:gas)	Toxicidad aguda (inhalación: gas), Categoría 3
Carc. 1B	Carcinogenicidad, Categoría 1B
Chem. Unst. Gas A	Gases químicamente inestables, Categoría A
Eye Irrit. 2	Lesiones oculares graves o irritación ocular, Categoría 2
Flam. Gas 1	Gases inflamables, Categoría 1
Muta. 1B	Mutagenicidad en células germinales, Categoría 1B
Press. Gas (Liq.)	Gas a presión : Gas licuado
Skin Irrit. 2	Irritación o corrosión cutáneas, Categoría 2
STOT SE 3	Toxicidad específica en determinados órganos — Exposición única, Categoría 3, irritación de las vías respiratorias
H220	Gas extremadamente inflamable
H230	Puede explotar incluso en ausencia de aire
H280	Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento
H315	Provoca irritación cutánea
H319	Provoca irritación ocular grave
H331	Tóxico en caso de inhalación
H335	Puede irritar las vías respiratorias
H340	Puede provocar defectos genéticos
H350	Puede provocar cáncer

- RENUNCIA DE RESPONSABILIDAD : Antes de utilizar el producto en un nuevo proceso o experimento, debe llevarse a cabo un estudio completo de seguridad y de compatibilidad de los materiales
Los detalles dados son ciertos y correctos en el momento de llevarse este documento a impresión
A pesar de que durante la preparación de este documento se ha tomado especial cuidado, no se acepta ninguna responsabilidad por las lesiones o los daños resultantes

Fin del documento

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 14.11.2017

Versión 14.3

SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Artículo número 104013

Denominación Furfural p.a. ACS

Número de registro REACH No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

No. CAS 98-01-1

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados Análisis químico
Para informaciones adicionales a usos refiérase al portal Merck Chemicals (www.merckgroup.com; for USA/Canada www.emdgroup.com).

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Alemania * Tel: +49 6151 72-0

Departamento Responsable LS-QHC * e-mail: prodsafe@merckgroup.com

1.4 Teléfono de emergencia Instituto Nacional de Toxicología * Madrid * Tel: 91 562 04 20

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	104013
Nombre del producto	Furfural p.a. ACS

SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Toxicidad aguda, Categoría 3, Oral, H301

Toxicidad aguda, Categoría 3, Inhalación, H331

Toxicidad aguda, Categoría 4, Cutáneo, H312

Irritación cutáneas, Categoría 2, H315

Irritación ocular, Categoría 2, H319

Carcinogenicidad, Categoría 2, H351

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema respiratorio, H335

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H301 + H331 Tóxico en caso de ingestión o inhalación.

H312 Nocivo en contacto con la piel.

H315 Provoca irritación cutánea.

H319 Provoca irritación ocular grave.

H335 Puede irritar las vías respiratorias.

H351 Se sospecha que provoca cáncer.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	104013
Nombre del producto	Furfural p.a. ACS

Consejos de prudencia

Intervención

P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes.

P304 + P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

Etiquetado reducido (≤125 ml)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H301 + H331 Tóxico en caso de ingestión o inhalación.

H351 Se sospecha que provoca cáncer.

Consejos de prudencia

P304 + P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

No. Índice 605-010-00-4

2.3 Otros peligros

Ninguno conocido.

SECCIÓN 3. Composición/ información sobre los componentes

3.1 Sustancia

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	104013
Nombre del producto	Furfural p.a. ACS

Formula	C ₅ H ₄ O ₂ (Hill)
No. Índice	605-010-00-4
No. CE	202-627-7
Masa molar	96,08 g/mol

Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Nombre químico (Concentración)

No. CAS	Número de registro	Clasificación
---------	--------------------	---------------

2-furaldehyde (<= 100 %)

98-01-1 *)

Toxicidad aguda, Categoría 3, H301
Toxicidad aguda, Categoría 3, H331
Toxicidad aguda, Categoría 4, H312
Irritación cutáneas, Categoría 2, H315
Irritación ocular, Categoría 2, H319
Carcinogenicidad, Categoría 2, H351
Toxicidad específica en determinados órganos - exposición
única, Categoría 3, H335

*) No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

3.2 Mezcla

No aplicable

SECCIÓN 4. Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Recomendaciones generales

El socorrista necesita protegerse a sí mismo.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	104013
Nombre del producto	Furfural p.a. ACS

Tras inhalación: aire fresco. Llamar inmediatamente al médico. Tras parada respiratoria: inmediatamente respiración instrumental. Aplicar oxígeno en caso necesario.

En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua/ ducharse. Consultar a un médico.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Consultar al oftalmólogo. Retirar las lentillas.

Tras ingestión: hacer beber agua (máximo 2 vasos). Consultar inmediatamente al médico. Solamente en casos excepcionales, si no es posible la asistencia médica dentro de una hora, provocar el vómito (solamente en personas plenamente despiertas y conscientes), administrar carbón activo (20 - 40 g en suspensión al 10%) y consultar al médico lo más rápidamente posible.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

efectos irritantes, Tos, Insuficiencia respiratoria, Dolor de cabeza, Convulsiones, efectos sobre el sistema nervioso central, parálisis

Para aldehídos en general: Irritaciones tras contacto con ojos y la piel. Irritaciones de las mucosas, tos y dificultades respiratorias tras su inhalación.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

Laxantes: Sulfato sódico (1 cuch. sop./ 1/4 l de agua).

SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Agua, Dióxido de carbono (CO₂), Espuma, Polvo seco

Medios de extinción no apropiados

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Inflamable.

Los vapores son más pesados que el aire y pueden expandirse a lo largo del suelo.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	104013
Nombre del producto	Furfural p.a. ACS

En caso de fuerte calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire.

En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios

Permanencia en el área de riesgo sólo con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada .

Otros datos

Separar el recipiente de la zona de peligro y refrigerarlo con agua. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

Reprimir los gases/vapores/neblinas con agua pulverizada.

SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: No respirar los vapores, aerosoles. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una ventilación apropiada.

Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia:

Equipo protector véase sección 8.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames. Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10). Recoger cuidadosamente con agentes absorbentes de líquidos, p.ej. Chemisorb®. Añadir a residuos a tratar. Aclarar.

6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	104013
Nombre del producto	Furfural p.a. ACS

SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Consejos para una manipulación segura

Observar las indicaciones de la etiqueta.

Trabajar bajo campana extractora. No inhalar la sustancia/la mezcla. Evítese la generación de vapores/aerosoles.

Indicaciones para la protección contra incendio y explosión

Mantener apartado de las llamas abiertas, de las superficies calientes y de los focos de ignición. Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.

Medidas de higiene

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento

Protejido de la luz.

Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado. Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición. Mantenerlo encerrado en una zona únicamente accesible por las personas autorizadas o calificadas.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

7.3 Usos específicos finales

Fuera de los usos indicados en la sección 1.2 no se previenen aplicaciones finales adicionales.

SECCIÓN 8. Controles de exposición/ protección individual

8.1 Parámetros de control

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 104013
Nombre del producto Furfural p.a. ACS

Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

Componentes

Base	Valor	Límites umbrales	Observaciones
------	-------	---------------------	---------------

2-furaldehyde (98-01-1)

VLA (ES)	Clasificación de riesgo a la piel:		Absorción potencial a través de la piel.
	Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria (VLA-ED)	2 ppm 8 mg/m ³	

Procedimientos de control recomendados

Los métodos para la medición de la atmósfera del puesto de trabajo deben cumplir con los requisitos de las normas DIN EN 482 y DIN EN 689.

8.2 Controles de la exposición

Medidas de ingeniería

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal.

Véase sección 7.1.

Medidas de protección individual

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

Protección de los ojos/ la cara

Gafas de seguridad

Protección de las manos

Sumersión:

Material del guante:	goma butílica
Espesor del guante:	0,7 mm
Tiempo de penetración:	> 480 min

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	104013
Nombre del producto	Furfural p.a. ACS

Salpicaduras:

Material del guante:	Vitón (R)
Espesor del guante:	0,70 mm
Tiempo de penetración:	> 120 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 898 Butoject® (Sumerción), KCL 890 Vitoject® (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de)

Otras medidas de protección

Vestimenta protectora antiestática retardante de la flama.

Protección respiratoria

necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro A

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Éstas medidas deben ser documentadas debidamente.

Controles de exposición medioambiental

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Forma	líquido
-------	---------

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	104013
Nombre del producto	Furfural p.a. ACS

Color	marrón claro
Olor	a almendras amargas
Umbral olfativo	No hay información disponible.
pH	No hay información disponible.
Punto de fusión	-37 °C
Punto /intervalo de ebullición	162 °C a 1.013 hPa
Punto de inflamación	60 °C
Tasa de evaporación	No hay información disponible.
Inflamabilidad (sólido, gas)	No hay información disponible.
Límites inferior de explosividad	2,1 %(v)
Límite superior de explosividad	19,3 %(v)
Presión de vapor	1 hPa a 20 °C
Densidad relativa del vapor	No hay información disponible.
Densidad	1,16 g/cm ³ a 20 °C
Densidad relativa	No hay información disponible.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	104013
Nombre del producto	Furfural p.a. ACS

Solubilidad en agua	83 g/l a 20 °C
---------------------	-------------------

Coeficiente de reparto n-octanol/agua	log Pow: 0,83 (calculado) No es de esperar una bioacumulación. (Literatura)
---------------------------------------	---

Temperatura de auto-inflamación	No hay información disponible.
---------------------------------	--------------------------------

Temperatura de descomposición	No hay información disponible.
-------------------------------	--------------------------------

Viscosidad, dinámica	No hay información disponible.
----------------------	--------------------------------

Propiedades explosivas	No clasificado/a como explosivo/a.
------------------------	------------------------------------

Propiedades comburentes	ningún
-------------------------	--------

9.2 Otros datos

Temperatura de ignición	315 °C
-------------------------	--------

SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

Las mezclas vapor/agua son explosivas con un calentamiento intenso.

En caso de fuerte calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire.

10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiental).

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Posibles reacciones violentas con:

hidróxidos alcalinos, Álcalis, Agentes oxidantes fuertes, ácidos

Riesgo de explosión con:

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	104013
Nombre del producto	Furfural p.a. ACS

ácidos minerales

10.4 Condiciones que deben evitarse

Calentamiento fuerte.

10.5 Materiales incompatibles

goma, plásticos diversos

10.6 Productos de descomposición peligrosos

información no disponible

SECCIÓN 11. Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad oral aguda

DL50 Rata: 65 mg/kg

(RTECS)

Toxicidad aguda por inhalación

Síntomas: irritación de las mucosas, Tos, Insuficiencia respiratoria, Consecuencias posibles:, perjudica las vías respiratorias

Toxicidad cutánea aguda

Estimación de la toxicidad aguda : 1.100,1 mg/kg

Juicio de expertos

Irritación de la piel

Conejo

Resultado: Irritaciones

Directrices de ensayo 404 del OECD

Provoca irritación cutánea.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	104013
Nombre del producto	Furfural p.a. ACS

Irritación ocular

Conejo

Resultado: irritante

Directrices de ensayo 405 del OECD

Provoca irritación ocular grave.

Sensibilización

Esta información no está disponible.

Mutagenicidad en células germinales

Esta información no está disponible.

Carcinogenicidad

Esta información no está disponible.

Toxicidad para la reproducción

Esta información no está disponible.

Teratogenicidad

Esta información no está disponible.

Efectos CMR

Carcinogenicidad:

Se sospecha que provoca cáncer.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Puede irritar las vías respiratorias.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas

Esta información no está disponible.

Peligro de aspiración

Esta información no está disponible.

11.2 Otros datos

Efectos sistémicos:

Dolor de cabeza, efectos sobre el sistema nervioso central, Convulsiones, parálisis, Edema pulmonar

En caso de efecto prolongado del producto químico:

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	104013
Nombre del producto	Furfural p.a. ACS

Perjudicial para:

Hígado, Riñón

Para aldehídos en general: Irritaciones tras contacto con ojos y la piel. Irritaciones de las mucosas, tos y dificultades respiratorias tras su inhalación.

Las otras propiedades peligrosas no pueden ser excluidas.

El producto debe manejarse con especial cuidado.

SECCIÓN 12. Información ecológica

12.1 Toxicidad

Toxicidad para los peces

CL50 Salmo: 24 mg/l; 96 h

(Hommel)

Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos

CE50 Daphnia magna (Pulga de mar grande): 29 mg/l; 24 h

(Ficha de datos de Seguridad externa)

12.2 Persistencia y degradabilidad

Demanda teórica de oxígeno (DTO)

1.660 mg/g

(Literatura)

Ratio BOD/ThBOD

DBO5 46 %

(Ficha de datos de Seguridad externa)

12.3 Potencial de bioacumulación

Coeficiente de reparto n-octanol/agua

log Pow: 0,83

(calculado)

No es de esperar una bioacumulación. (Literatura)

12.4 Movilidad en el suelo

No hay información disponible.

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	104013
Nombre del producto	Furfural p.a. ACS

Una valoración PBT y MPMB no se hizo, debido al hecho de que una evaluación de peligro químico no es necesaria o no existe.

12.6 Otros efectos adversos

Información ecológica complementaria

Efectos biológicos:

A pesar de la dilución, el compuesto produce mezclas tóxicas con el agua.

Insecticida Fungicida

La descarga en el ambiente debe ser evitada.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	104013
Nombre del producto	Furfural p.a. ACS

SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

Métodos para el tratamiento de residuos

Directiva sobre residuos 2008/98 nota / CE.

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales y nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en www.retrologistik.com sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

Transporte por carretera (ADR/RID)

14.1 Número ONU	UN 1199
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	Furaldehidos
14.3 Clase	6.1 (3)
14.4 Grupo de embalaje	II
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si
Código de restricciones en túneles	D/E

Transporte fluvial (ADN)

No relevante

Transporte aéreo (IATA)

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	104013
Nombre del producto	Furfural p.a. ACS

14.1 Número ONU	UN 1199
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	FURALDEHYDES
14.3 Clase	6.1 (3)
14.4 Grupo de embalaje	II
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	no

Transporte marítimo (IMDG)

14.1 Número ONU	UN 1199
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	FURALDEHYDES
14.3 Clase	6.1 (3)
14.4 Grupo de embalaje	II
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si

EmS F-E S-D

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC
No relevante

SECCIÓN 15. Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Disposiciones legales de la CE

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	104013
Nombre del producto	Furfural p.a. ACS

Legislación de Peligro de	SEVESO III
Accidente Importante	TOXICIDAD AGUDA
Alemania	H2
	Cantidad 1: 50 t
	Cantidad 2: 200 t
	SEVESO III
	LÍQUIDOS INFLAMABLES
	P5c
	Cantidad 1: 5.000 t
	Cantidad 2: 50.000 t

Restricciones profesionales	Tomar nota de la Directiva 94/33/CEE sobre la protección laboral de los jóvenes. Obsérvense las restricciones considerando la protección maternal de acuerdo con la Directiva del Consejo 92/85/CEE o regulaciones mas rigurosas nacionales.
-----------------------------	--

Reglamento 1005/2009/CE relativo a sustancias que agotan la capa de ozono	no regulado
---	-------------

Reglamento (CE) nº 850/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre contaminantes orgánicos persistentes que modifica la Directiva 79/117/CEE	no regulado
---	-------------

Sustancias extremadamente preocupantes (SVHC)	Este producto no contiene sustancias extremadamente preocupantes por encima del límite legal de concentración correspondiente ($\geq 0,1\%$ p/p) según la normativa CE n.º 1907/2006 (REACH), artículo 57.
---	---

Legislación nacional

Clase de almacenamiento	3
-------------------------	---

15.2 Evaluación de la seguridad química

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	104013
Nombre del producto	Furfural p.a. ACS

Para éste producto no se realizo una valoración de la seguridad química.

SECCIÓN 16. Otra información

Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.

H301	Tóxico en caso de ingestión.
H312	Nocivo en contacto con la piel.
H315	Provoca irritación cutánea.
H319	Provoca irritación ocular grave.
H331	Tóxico en caso de inhalación.
H335	Puede irritar las vías respiratorias.
H351	Se sospecha que provoca cáncer.

Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

Etiquetado

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H227 Líquido combustible.
H301 + H331 Tóxico en caso de ingestión o inhalación.
H312 Nocivo en contacto con la piel.
H315 Provoca irritación cutánea.
H319 Provoca irritación ocular grave.
H335 Puede irritar las vías respiratorias.
H351 Se sospecha que provoca cáncer.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	104013
Nombre del producto	Furfural p.a. ACS

Consejos de prudencia

Intervención

P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes.

P304 + P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad

Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en www.wikipedia.org.

Representante regional

Merck Chemical and Life Science, S.A. |

C/ María de Molina, 40 | 28006 Madrid - España |

Tel: +34 935655500 | Fax: +34 935440000 | email: SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com |

www.merck.es

Los datos suministrados en ésta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de éste producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Etilenglicol ROTIPURAN® ≥99,5 %, p.a.

número de artículo: **6881**

Versión: **2.0 es**

Reemplaza la versión de: 27.08.2015

Versión: (1.0)

fecha de emisión: 27.08.2015

Revisión: 20.10.2015

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Identificación de la sustancia	Etilenglicol
Número de artículo	6881
Número de registro (REACH)	01-2119456816-28-xxxx
No de índice	603-027-00-1
Número CE	203-473-3
Número CAS	107-21-1

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados: producto químico de laboratorio

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Carl Roth GmbH + Co KG
Schoemperlenstr. 3-5
D-76185 Karlsruhe
Alemania

Teléfono: +49 (0) 721 - 56 06 0

Fax: +49 (0) 721 - 56 06 149

e-mail: sicherheit@carlroth.de

Sitio web: www.carlroth.de

Persona competente responsable de la ficha de datos de seguridad : Department Health, Safety and Environment

e-mail (persona competente) : sicherheit@carlroth.de

1.4 Teléfono de emergencia

Servicios de información para casos de emergencia

Poison Centre Munich: +49/(0)89 19240

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Clasificación según SGA			
Sección	Clase de peligro	Clase y categoría de peligro	Indicación de peligro
3.10	toxicidad aguda (oral)	(Acute Tox. 4)	H302
3.9	toxicidad específica en determinados órganos (exposiciones repetidas)	(STOT RE 2)	H373

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Etilenglicol ROTIPURAN® ≥99,5 %, p.a.

número de artículo: 6881

Observaciones

Véase el texto completo de las frases H y EUH en la SECCIÓN 16.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Palabra de advertencia

Atención

Pictogramas



Indicaciones de peligro

H302

Nocivo en caso de ingestión.

H373

Puede provocar daños en los órganos (riñón) tras exposiciones prolongadas o repetidas (en caso de ingestión).

Consejos de prudencia

Consejos de prudencia - prevención

P260

No respirar la niebla/los vapores/el aerosol.

Consejos de prudencia - respuesta

P301+P312

EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico si la persona se encuentra mal.

Etiquetado de los envases cuyo contenido no excede de 125 ml

Palabra de advertencia: **Atención**

Símbolo(s)



2.3 Otros peligros

No hay información adicional.

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancias

Nombre de la sustancia	Etilenglicol
No de índice	603-027-00-1
Número de registro (REACH)	01-2119456816-28-xxxx
Número CE	203-473-3
Número CAS	107-21-1
Fórmula molecular	C ₂ H ₆ O ₂
Masa molar	62,07 g/mol

Etilenglicol ROTIPURAN® ≥99,5 %, p.a.

número de artículo: 6881

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios



Notas generales

Quitar las prendas contaminadas.

En caso de inhalación

Proporcionar aire fresco. Si aparece malestar o en caso de duda consultar a un médico.

En caso de contacto con la piel

Aclararse la piel con agua/ducharse. En caso de irritaciones cutáneas, consultar a un dermatólogo.

En caso de contacto con los ojos

Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Si aparece malestar o en caso de duda consultar a un médico.

En caso de ingestión

Enjuáguese la boca con agua (solamente si la persona está consciente). Llamar a un médico.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

En caso de contacto con los ojos: Causa irritación de ligera a moderada,

Después de contacto con la piel: Eritema localizado,

En caso de ingestión: Dolor abdominal, Vómitos, Colapso circulatorio, Vértigo, Disfunción renal,

En caso de inhalación: Tos

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

ninguno

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Coordinar las medidas de extinción con los alrededores
agua pulverizada, espuma, espuma resistente al alcohol, polvo extinguidor seco, dióxido de carbono (CO₂)

Medios de extinción no apropiados

chorro de agua

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Combustible.

Productos de combustión peligrosos

En caso de incendio pueden formarse: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂)

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Luchar contra el incendio desde una distancia razonable, tomando las precauciones habituales.
Llevar un aparato de respiración autónomo.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Etilenglicol ROTIPURAN® ≥99,5 %, p.a.

número de artículo: 6881

Equipos de protección especial que debe llevar el personal de lucha contra incendios

Ropa de protección contra productos químicos, líquidos y gaseosos, incluyendo aerosoles líquidos y partículas sólidas. Aparato de respiración autónomo (SCBA). Aparato de respiración autónomo (EN 133).

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

La utilización de equipos de protección adecuados (incluido el equipo de protección personal mencionado en la sección 8 de la ficha de datos de seguridad) con el fin de evitar toda posible contaminación de la piel, los ojos y la ropa. Evitar el contacto con la piel, los ojos y la ropa.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Manteniendo el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Consejos sobre la manera de contener un vertido

Cierre de desagües.

Indicaciones adecuadas sobre la manera de limpiar un vertido

Absorber con una sustancia aglutinante de líquidos (arena, harina fósil, aglutinante de ácidos, aglutinante universal).

Otras indicaciones relativas a los vertidos y las fugas

Colocar en recipientes apropiadas para su eliminación. Ventilar la zona afectada.

Referencia a otras secciones

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5. Equipo de protección personal: véase sección 8. Materiales incompatibles: véase sección 10. Consideraciones relativas a la eliminación: véase sección 13.

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

No son necesarias medidas especiales.

Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo

Lavar las manos antes de las pausas y al fin del trabajo. Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Mantener el recipiente herméticamente cerrado.

Sustancias o mezclas incompatibles

Observe el almacenamiento compatible de productos químicos.

Atención a otras indicaciones

• Requisitos de ventilación

Utilización de ventilación local y general.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Etilenglicol ROTIPURAN® ≥99,5 %, p.a.

número de artículo: 6881

• Diseño específico de locales o depósitos de almacenamiento

Temperatura de almacenaje recomendada: 15 - 25 °C.

7.3 Usos específicos finales

No existen informaciones.

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

Valores límites nacionales

Valores límites de exposición profesional (límites de exposición en el lugar de trabajo)

País	Nombre del agente	No CAS	Anota- ción	Identifica- dor	VLA-ED [mg/m³]	VLA-EC [mg/m³]	Fuente
ES	etilenglicol	107-21-1		VLA	52	104	INSHT
EU	etanodiol (etilenglicol)	107-21-1		IOELV	52	104	2000/39/CE

Anotación

VLA-EC Valor límite ambiental-exposición de corta duración (nivel de exposición de corta duración): valor límite a partir del cual no debe producirse ninguna exposición y que hace referencia a un periodo de 15 minutos, salvo que se disponga lo contrario

VLA-ED Valor límite ambiental-exposición diaria (límite de exposición de larga duración): tiempo medido o calculado en relación con un periodo de referencia de una media ponderada en el tiempo de ocho horas

DNEL/DMEL/PNEC pertinentes y otros niveles umbrales

• valores relativos a la salud humana

Parámetro	Niveles um- brales	Objetivo de pro- tección, vía de ex- posición	Utilizado en	Tiempo de exposición
DNEL	35 mg/m³	humana, por inhalación	trabajadore (industrial)	crónico - efectos locales
DNEL	106 mg/kg	humana, cutánea	trabajadore (industrial)	crónico - efectos sistémicos

• valores medioambientales

Parámetro	Niveles umbrales	Compartimiento ambiental	Tiempo de exposición
PNEC	10 mg/l	agua dulce	corto plazo (ocasión única)
PNEC	1 mg/l	agua marina	corto plazo (ocasión única)
PNEC	199,5 mg/l	depuradora de aguas residuales (STP)	corto plazo (ocasión única)
PNEC	37 mg/kg	sedimentos de agua dulce	corto plazo (ocasión única)
PNEC	3,7 mg/kg	sedimentos marinos	corto plazo (ocasión única)
PNEC	1,53 mg/kg	suelo	corto plazo (ocasión única)
PNEC	10 mg/l	agua	continuamente

8.2 Controles de exposición

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Etilenglicol ROTIPURAN® ≥99,5 %, p.a.

número de artículo: 6881

Medidas de protección individual (equipo de protección personal)



Protección de los ojos/la cara

Utilizar gafas de protección con con protección a los costados.

Protección de la piel

• protección de las manos

Úsense guantes adecuados. Adecuado es un guante de protección química probado según la norma EN 374. Para usos especiales se recomienda verificar con el proveedor de los guantes de protección, la resistencia de éstos contra los productos químicos arriba mencionada.

• tipo de material

FKM: fluoroelastómero

• espesor del material

0,4 mm.

• tiempo de penetración del material con el que están fabricados los guantes

>480 minutos (permeación: nivel 6)

• otras medidas de protección

Hacer períodos de recuperación para la regeneración de la piel. Protectores de la piel preventivos (cremas de protección/pomadas) están recomendados.

Protección respiratoria

Protección respiratoria es necesaria para: Formación de aerosol y niebla. Tipo: A (contra gases y vapores orgánicos con un punto de ebullición de > 65°C, código de color: marrón).

El tiempo límite de uso según GefStoffV en combinación con las reglas sobre el uso de aparatos respiratorios (BGR 190) se deben respetar.

Controles de exposición medioambiental

Manteniendo el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Aspecto

Estado físico	líquido (fluido)
Color	incolor
Olor	esta información no está disponible
Umbral olfativo	No existen datos disponibles

Otros parámetros físicos y químicos

pH (valor)	6 - 7,5 (agua: 100 g/l, 20 °C)
Punto de fusión/punto de congelación	-13 °C
Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	197,4 °C a 1.013 hPa
Punto de inflamación	111 °C a 1.013 hPa
Tasa de evaporación	no existen datos disponibles
Inflamabilidad (sólido, gas)	no relevantes (fluido)

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Etilenglicol ROTIPURAN® ≥99,5 %, p.a.

número de artículo: **6881**

Límites de explosividad

- límite inferior de explosividad (LIE) 3,2 % vol (80 g/m³)
- límite superior de explosividad (LSE) 43 % vol (1.090 g/m³)

Límites de explosividad de nubes de polvo no relevantes

- límite inferior de explosividad (LIE) 80 g/m³
- límite superior de explosividad (LSE) 1.090 g/m³

Presión de vapor 0,123 hPa a 25 °C

Densidad 1,11 g/cm³ a 20 °C

Densidad de vapor 2,14 aire = 1

Densidad aparente No es aplicable

Densidad relativa 2,14 aire = 1

Solubilidad(es)

Hidrosolubilidad 1.000 g/l a 20 °C

Coeficiente de reparto

n-octanol/agua (log KOW) -1,36 (exp.)

Temperatura de auto-inflamación 398 °C - ECHA

Temperatura de descomposición no existen datos disponibles

Viscosidad

- viscosidad dinámica 21 mPa s a 20 °C

Propiedades explosivas ninguno

Propiedades comburentes ninguno

9.2 Otros datos

No hay información adicional.

Índice de refracción 1,432

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

Calentando: Vapores pueden formar con aire una mezcla explosiva

10.2 Estabilidad química

El material es estable bajo condiciones ambientales normales y en condiciones previsibles de temperatura y presión durante su almacenamiento y manipulación.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Reacciones fuertes con: Álcalis (lejía), concentrado, Aluminio, Ácido sulfúrico, concentrado, Muy comburente, Percloratos

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Etilenglicol ROTIPURAN® ≥99,5 %, p.a.

número de artículo: 6881

10.4 Condiciones que deben evitarse

No se conocen condiciones particulares que deban evitarse.

10.5 Materiales incompatibles

aluminio

10.6 Productos de descomposición peligrosos

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5.

SECCIÓN 11: Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda

Vía de exposición	Parámetro	Valor	Especie	Fuente
oral	LD50	7712 mg/kg	rata	ECHA

Corrosión o irritación cutánea

No se clasificará como corrosivo/irritante para la piel.

Lesiones oculares graves o irritación ocular

No se clasificará como causante de lesiones oculares graves o como irritante ocular.

Sensibilización respiratoria o cutánea

No se clasificará como sensibilizante respiratoria o sensibilizante cutánea.

Resumen de la evaluación de las propiedades CMR

No se clasificará como mutágeno en células germinales, carcinógeno ni tóxico para la reproducción

• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

No se clasifica como tóxico específico en determinados órganos (exposición única).

• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición repetida

Puede provocar daños en los órganos (riñón) tras exposiciones prolongadas o repetidas (en caso de ingestión).

Peligro por aspiración

No se clasifica como peligroso en caso de aspiración.

Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas

• En caso de ingestión

vómitos, dolor abdominal, colapso circulatorio, disfunción renal

• En caso de contacto con los ojos

causa irritación de ligera a moderada

• En caso de inhalación

tos

• En caso de contacto con la piel

prurito, eritema localizado

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Etilenglicol ROTIPURAN® ≥99,5 %, p.a.

número de artículo: 6881

Otros datos

Ninguno.

SECCIÓN 12: Información ecológica

12.1 Toxicidad

según 1272/2008/CE: No se clasificará como peligroso para el medio ambiente acuático.

Toxicidad acuática (aguda)

Parámetro	Valor	Especie	Fuente	Tiempo de exposición
LC50	72.860 mg/l	pez	ECHA	96 horas
EC50	>100 mg/l	invertebrados acuáticos	ECHA	48 horas

12.2 Procesos de degradación

La sustancia es fácilmente biodegradable.

Demanda Teórica de Oxígeno: 1,29 g/g

Dióxido de Carbono Teórico: 1,418 mg/mg

0,78 g/g

Proceso	Velocidad de degradación	Tiempo
biótico/abiótico	83 - 96 %	14 d
pérdida de COD	90 - 100 %	10 d

12.3 Potencial de bioacumulación

Se enriquece en organismos insignificadamente.

n-octanol/agua (log KOW)

-1,36

12.4 Movilidad en el suelo

No se dispone de datos.

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

No se dispone de datos.

12.6 Otros efectos adversos

Ligeramente peligroso para el agua.

SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

13.1 Métodos para el tratamiento de residuos

Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos. Eliminar el contenido/el recipiente de conformidad con la normativa local, regional, nacional o internacional conformément à la réglementation locale/régionale/nationale/internationale.

Información pertinente para el tratamiento de las aguas residuales

No tirar los residuos por el desagüe.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Etilenglicol ROTIPURAN® ≥99,5 %, p.a.

número de artículo: 6881

13.2 Disposiciones sobre prevención de residuos

La coordinación de los números de clave de los residuos/marcas de residuos según CER hay que efectuarla espedífcamente de ramo y proceso.

13.3 Observaciones

Los residuos se deben clasificar en las categorías aceptadas por los centros locales o nacionales de tratamiento de residuos. Porfavor considerar las disposiciones nacionales o regionales pertinentes.

SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

- | | | |
|------|---|--|
| 14.1 | Número ONU | (no está sometido a las reglamentaciones de transporte) |
| 14.2 | Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas | no relevantes |
| 14.3 | Clase(s) de peligro para el transporte | no relevantes |
| | Clase | - |
| 14.4 | Grupo de embalaje | no relevantes |
| 14.5 | Peligros para el medio ambiente | ninguno (no peligroso para el medio ambiente conforme al reglamento para el transporte de mercancías peligrosas) |
| 14.6 | Precauciones particulares para los usuarios
No hay información adicional. | |
| 14.7 | Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL y del Código IBC
El transporte a granel de la mercancía no esta previsto. | |
| 14.8 | Información para cada uno de los Reglamentos tipo de las Naciones Unidas <ul style="list-style-type: none">• Transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable (ADR/RID/ADN)
No está sometido al ADR, RID y al ADN.• Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG)
No está sometido al IMDG. | |

SECCIÓN 15: Información reglamentaria

- 15.1 **Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla**
- Disposiciones pertinentes de la Unión Europea (UE)**
- **Reglamento 649/2012/UE relativo a la exportación e importación de productos químicos peligrosos (PIC)**
No incluido en la lista.
 - **Reglamento 1005/2009/CE sobre las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)**
No incluido en la lista.
 - **Reglamento 850/2004/CE sobre contaminantes orgánicos persistentes (POP)**
No incluido en la lista.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Etilenglicol ROTIPURAN® ≥99,5 %, p.a.

número de artículo: 6881

- **Restricciones conforme a REACH, Anexo XVII**

no incluido en la lista

- **Lista de sustancias sujetas a autorización (REACH, Anexo XIV)**

no incluido en la lista

- **Limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas pinturas y barnices y en los productos de renovación del acabado de vehículo (2004/42/CE, Directiva Decopaint)**

Contenido de COV 100 %

- **Directiva sobre emisiones industriales (COVs, 2010/75/UE)**

Contenido de COV 100 %

Directiva 2011/65/UE sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RoHS) - Anexo II

no incluido en la lista

Reglamento 166/2006/CE relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y transferencias de contaminantes (PRTR)

no incluido en la lista

Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas

no incluido en la lista

Catálogos nacionales

La sustancia es enumerada en los siguientes inventarios nacionales:

- EINECS/ELINCS/NLP (Europa)
- REACH (Europa)

15.2 Evaluación de la seguridad química

No se ha realizado una evaluación de la seguridad química de esta sustancia.

SECCIÓN 16: Otra información

16.1 Indicación de modificaciones (ficha de datos de seguridad revisada)

Sección	Inscripción anterior (texto/valor)	Inscripción actual (texto/valor)
1.1	Número de registro (REACH): Esta información no está disponible.	Número de registro (REACH): 01-2119456816-28-xxxx
2.1		Clasificación según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP): modificación en el listado (tabla)
2.2		Pictogramas: modificación en el listado (tabla)
2.2		Indicaciones de peligro: modificación en el listado (tabla)
2.2		Consejos de prudencia - prevención: modificación en el listado (tabla)
2.2		Etiquetado de los envases cuyo contenido no excede de 125 ml: modificación en el listado (tabla)
3.1		Número de registro (REACH): 01-2119456816-28-xxxx

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Etilenglicol ROTIPURAN® ≥99,5 %, p.a.

número de artículo: 6881

Sección	Inscripción anterior (texto/valor)	Inscripción actual (texto/valor)
11.1	• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición repetida: No se clasifica como tóxico específico en determinados órganos (exposición repetida).	• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición repetida: Puede provocar daños en los órganos (riñón) tras exposiciones prolongadas o repetidas (en caso de ingestión).

Abreviaturas y los acrónimos

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
2000/39/CE	Directiva de la Comisión por la que se establece una primera lista de valores límite de exposición profesional indicativos en aplicación de la Directiva 98/24/CE del Consejo
ADN	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Vías Navegables Interiores)
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera)
CAS	Chemical Abstracts Service (número identificador único carente de significado químico)
CLP	Reglamento (CE) no 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado (Classification, Labelling and Packaging) de sustancias y mezclas
CMR	Carcinógeno, Mutágeno o tóxico para la Reproducción
COV	compuestos orgánicos volátiles
DMEL	Derived Minimal Effect Level (nivel derivado con efecto mínimo)
DNEL	Derived No-Effect Level (nivel sin efecto derivado)
EINECS	European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (Catálogo Europeo de Sustancias Químicas Comercializadas)
ELINCS	European List of Notified Chemical Substances (lista europea de sustancias químicas notificadas)
IMDG	International Maritime Dangerous Goods Code (código marítimo internacional de mercancías peligrosas)
INSHT	Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos, INSHT
MARPOL	el convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (abr. de "Marine Pollutant")
mPmB	muy persistente y muy bioacumulable
NLP	No-Longer Polymer (ex-polímero)
No de índice	el número de clasificación es el código de identificación que se da a la sustancia en la parte 3 del el anexo VI del Reglamento (CE) no 1272/2008
PBT	Persistente, Bioacumulable y Tóxico
PNEC	Predicted No-Effect Concentration (concentración prevista sin efecto)
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (registro, evaluación, autorización y restricción de las sustancias y preparados químicos)
RID	Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses (Reglamento referente al transporte internacional por ferrocarril de mercancías peligrosas)
SGA	"Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de sustancias químicas" elaborado por Naciones Unidas

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Etilenglicol ROTIPURAN® ≥99,5 %, p.a.

número de artículo: 6881

Principales referencias bibliográficas y fuentes de datos

- Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH), modificado por 2015/830/UE
- Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP, UE SGA)

Frases pertinentes (código y texto completo como se expone en el capítulo 2 y 3)

Código	Texto
H302	nocivo en caso de ingestión
H373	puede provocar daños en los órganos (riñón) tras exposiciones prolongadas o repetidas (en caso de ingestión)

Cláusula de exención de responsabilidad

La información en ésta hoja de datos de seguridad corresponden al leal saber de nuestros conocimiento el día de impresión. Las informaciones deben de ser puntos de apoyo para un manejo seguro de productos mencionados en esta hoja de seguridad para el almacenamiento, elaboración, transporte y eliminación. Las indicaciones no se pueden traspasar a otros productos. Mientras el producto sea mezclado o elaborado con otros materiales, las indicaciones de esta hoja de seguridad no se pueden traspasar así al agente nuevo.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 453/2010/UE



Dietilenglicol ≥99%, para síntesis

número de artículo: **0968**

Versión: **1.0 es**

fecha de emisión: 11.06.2015

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Identificación de la sustancia	Dietilenglicol
Número de artículo	0968
Número de registro (REACH)	01-2119457857-21-xxxx
No de índice	603-140-00-6
Número CE	203-872-2
Número CAS	111-46-6

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos pertinentes identificados	producto químico de laboratorio
--------------------------------	---------------------------------

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Carl Roth GmbH + Co KG
Schoemperlenstr. 3-5
D-76185 Karlsruhe
Alemania

Teléfono: +49 (0) 721 - 56 06 0

Fax: +49 (0) 721 - 56 06 149

e-mail: sicherheit@carlroth.de

Sitio web: www.carlroth.de

Persona competente responsable de la ficha de datos de seguridad : Abteilung Arbeitssicherheit

e-mail (persona competente) : sicherheit@carlroth.de

1.4 Teléfono de emergencia

Servicios de información para casos de emergencia **Poison Centre Munich: +49/(0)89 19240**

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Clasificación según SGA			
Sección	Clase de peligro	Clase y categoría de peligro	Indicación de peligro
3.10	toxicidad aguda (oral)	(Acute Tox. 4)	H302

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 453/2010/UE



Dietilenglicol $\geq 99\%$, para síntesis

número de artículo: 0968

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Palabra de advertencia

Atención

Pictogramas



Indicaciones de peligro

H302 Nocivo en caso de ingestión.

Consejos de prudencia

Consejos de prudencia - respuesta

P301+P312 EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico si la persona se encuentra mal.

Etiquetado de los envases cuyo contenido no excede de 125 ml

Palabra de advertencia: **Atención**

Símbolo(s)



2.3 Otros peligros

No hay información adicional.

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancias

Nombre de la sustancia	Dietilenglicol
No de índice	603-140-00-6
Número de registro (REACH)	01-2119457857-21-xxxx
Número CE	203-872-2
Número CAS	111-46-6
Fórmula molecular	C4H10O3
Masa molar	106,1 ^g / _{mol}

Dietilenglicol $\geq 99\%$, para síntesis

número de artículo: 0968

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios



Notas generales

Quitar las prendas contaminadas.

En caso de inhalación

Proporcionar aire fresco. Si aparece malestar o en caso de duda consultar a un médico.

En caso de contacto con la piel

En caso de cutirreacción consultar un médico.

En caso de contacto con los ojos

Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Si aparece malestar o en caso de duda consultar a un médico.

En caso de ingestión

Enjuáguese la boca con agua (solamente si la persona está consciente). Llamar a un médico.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

En caso de ingestión: Malestar general, Vómitos

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

ninguno

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Coordinar las medidas de extinción con los alrededores
agua pulverizada, espuma, espuma resistente al alcohol, polvo extinguidor seco, dióxido de carbono (CO₂)

Medios de extinción no apropiados

chorro de agua

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Combustible.

Productos de combustión peligrosos

En caso de incendio pueden formarse: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂)

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Luchar contra el incendio desde una distancia razonable, tomando las precauciones habituales. Llevar un aparato de respiración autónomo.

Dietilenglicol ≥99%, para síntesis

número de artículo: **0968**

Equipos de protección especial que debe llevar el personal de lucha contra incendios

Ropa de protección contra productos químicos, líquidos y gaseosos, incluyendo aerosoles líquidos y partículas sólidas. Aparato de respiración autónomo (SCBA). Aparato de respiración autónomo (EN 133).

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

La utilización de equipos de protección adecuados (incluido el equipo de protección personal mencionado en la sección 8 de la ficha de datos de seguridad) con el fin de evitar toda posible contaminación de la piel, los ojos y la ropa.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Manteniendo el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Consejos sobre la manera de contener un vertido

Cierre de desagües.

Indicaciones adecuadas sobre la manera de limpiar un vertido

Absorber con una sustancia aglutinante de líquidos (arena, harina fósil, aglutinante de ácidos, aglutinante universal).

Otras indicaciones relativas a los vertidos y las fugas

Colocar en recipientes apropiadas para su eliminación. Ventilar la zona afectada.

Referencia a otras secciones

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5. Equipo de protección personal: véase sección 8. Materiales incompatibles: véase sección 10. Consideraciones relativas a la eliminación: véase sección 13.

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Prever una ventilación suficiente.

Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo

No comer, beber ni fumar en las zonas de trabajo. Lavar las manos antes de las pausas y al fin del trabajo.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Mantener el recipiente herméticamente cerrado.

Sustancias o mezclas incompatibles

Observe el almacenamiento compatible de productos químicos.

Atención a otras indicaciones

No es necesario.

• Requisitos de ventilación

Utilización de ventilación local y general.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 453/2010/UE



Dietilenglicol $\geq 99\%$, para síntesis

número de artículo: 0968

- **Diseño específico de locales o depósitos de almacenamiento**

Temperatura de almacenaje recomendada: 15 - 25 °C.

7.3 Uso(s) específico(s) final(es)

No existen informaciones.

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

Valores límites nacionales

Valores límites de exposición profesional (límites de exposición en el lugar de trabajo)

DNEL/DMEL/PNEC pertinentes y otros niveles umbrales

- **valores relativos a la salud humana**

Efecto	Niveles umbrales	Objetivo de protección, vía de exposición	Utilizado en	Tiempo de exposición
DNEL	60 mg/m ³	humana, por inhalación	trabajadore (industrial)	crónico - efectos locales
DNEL	106 mg/kg	humana, cutánea	trabajadore (industrial)	crónico - efectos sistémicos
DNEL	60 mg/m ³	humana, por inhalación	trabajadore (industrial)	crónico - efectos sistémicos

- **valores medioambientales**

Efecto	Niveles umbrales	Compartimiento ambiental	Tiempo de exposición
PNEC	1 mg/cm ³	agua marina	continuamente
PNEC	10 mg/cm ³	aire	continuamente
PNEC	20,9 mg/cm ³	sedimentos de agua dulce	continuamente
PNEC	10 mg/cm ³	agua dulce	continuamente
PNEC	199,5 mg/cm ³	depuradora de aguas residuales (STP)	continuamente
PNEC	1,53 mg/cm ³	suelo	continuamente
PNEC	10 mg/l	agua dulce	corto plazo (ocasión única)
PNEC	1 mg/l	agua marina	corto plazo (ocasión única)
PNEC	199,5 mg/l	depuradora de aguas residuales (STP)	corto plazo (ocasión única)
PNEC	20,9 mg/kg	sedimentos de agua dulce	corto plazo (ocasión única)
PNEC	2,09 mg/kg	sedimentos marinos	corto plazo (ocasión única)
PNEC	1,53 mg/kg	suelo	corto plazo (ocasión única)
PNEC	10 mg/l	agua	continuamente

8.2 Controles de exposición

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 453/2010/UE



Dietilenglicol $\geq 99\%$, para síntesis

número de artículo: 0968

Medidas de protección individual (equipo de protección personal)



Protección de los ojos/la cara

Utilizar gafas de protección con con protección a los costados.

Protección de la piel

• protección de las manos

Úsense guantes adecuados. Adecuado es un guante de protección química probado según la norma EN 374. Para usos especiales se recomienda verificar con el proveedor de los guantes de protección, la resistencia de éstos contra los productos químicos arriba mencionada.

• tipo de material

NBR (Goma de nitrilo)

• espesor del material

$>0,11$ mm.

• tiempo de penetración del material con el que están fabricados los guantes

>480 minutos (permeación: nivel 6)

• otras medidas de protección

Hacer periodos de recuperación para la regeneración de la piel. Protectores de la piel preventivos (cremas de protección/pomadas) están recomendados.

Protección respiratoria

Tipo: A (contra gases y vapores orgánicos con un punto de ebullición de $> 65^{\circ}\text{C}$, código de color: marrón).

Controles de exposición medioambiental

Manteniendo el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Aspecto

Estado físico	líquido (fluido)
Color	incolor
Olor	esta información no está disponible
Umbral olfativo	No existen datos disponibles

Otros parámetros físicos y químicos

pH (valor)	6 - 8 en 200 g/l agua a 20°C
Punto de fusión/punto de congelación	$-6,5^{\circ}\text{C}$
Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	$244,9^{\circ}\text{C}$ a 1.013 hPa
Punto de inflamación	138°C a 1.013 hPa
Tasa de evaporación	no existen datos disponibles

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 453/2010/UE



Dietilenglicol ≥99%, para síntesis

número de artículo: 0968

Inflamabilidad (sólido, gas)	no relevantes (fluído)
<u>Límites de explosividad</u>	
• límite inferior de explosividad (LIE)	0,7 % vol (1 g/m ³)
• límite superior de explosividad (LSE)	22 % vol (972 g/m ³)
Límites de explosividad de nubes de polvo	no relevantes
• límite inferior de explosividad (LIE)	1 g/m ³
• límite superior de explosividad (LSE)	972 g/m ³
Presión de vapor	0,008 hPa a 25 °C
Densidad	1,12 g/cm ³
Densidad de vapor	Esta información no está disponible.
Densidad aparente	No es aplicable
Densidad relativa	3,66 aire = 1
<u>Solubilidad(es)</u>	
Hidrosolubilidad	1.000 g/l a 20 °C
<u>Coeficiente de reparto</u>	
n-octanol/agua (log KOW)	-1,98
Temperatura de auto-inflamación	372 °C - ECHA
Viscosidad	
• viscosidad cinemática	33 mm ² /s a 20 °C
• viscosidad dinámica	42 mPa s a 20 °C
Propiedades explosivas	ninguno
Propiedades comburentes	ninguno

9.2 Información adicional

No hay información adicional.

Índice de refracción 1,448

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 453/2010/UE



Dietilenglicol $\geq 99\%$, para síntesis

número de artículo: 0968

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

Calentando: Vapores pueden formar con aire una mezcla explosiva

10.2 Estabilidad química

El material es estable bajo condiciones ambientales normales y en condiciones previsibles de temperatura y presión durante su almacenamiento y manipulación.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Reacción extotérmica con: Muy comburente

10.4 Condiciones que deben evitarse

No se conocen condiciones particulares que deban evitarse.

10.5 Materiales incompatibles

No hay información adicional.

10.6 Productos de descomposición peligrosos

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5.

SECCIÓN 11: Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda

Vía de exposición	Efecto	Valor	Especie	Fuente
cutánea	LD50	13300 mg/kg	conejo	ECHA

Corrosión o irritación cutánea

No se clasificará como corrosivo/irritante para la piel.

Lesiones oculares graves o irritación ocular

Causa irritación de ligera a moderada.

Sensibilización respiratoria o cutánea

No se clasificará como sensibilizante respiratoria o sensibilizante cutánea.

Resumen de la evaluación de las propiedades CMR

No se clasificará como mutágeno en células germinales, carcinógeno ni tóxico para la reproducción.

• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

No se clasifica como tóxico específico en determinados órganos (exposición única).

• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición repetida

No se clasifica como tóxico específico en determinados órganos (exposición repetida).

Peligro por aspiración

No se clasifica como peligroso en caso de aspiración.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 453/2010/UE



Dietilenglicol $\geq 99\%$, para síntesis

número de artículo: 0968

Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas

• En caso de ingestión

náuseas, vómitos

• En caso de inhalación

no se dispone de datos

• En caso de contacto con la piel

no se dispone de datos

Información adicional

Ninguno.

SECCIÓN 12: Información ecológica

12.1 Toxicidad

según 1272/2008/CE: No se clasificará como peligroso para el medio ambiente acuático.

Toxicidad acuática (aguda)

Efecto	Valor	Especie	Fuente	Tiempo de exposición
LC50	75.200 mg/l	pez	ECHA	96 horas
EC50	9.362 mg/l	alga	ECHA	96 horas

Toxicidad acuática (crónica)

Efecto	Valor	Especie	Fuente	Tiempo de exposición
EC50	>10.000 mg/l	invertebrados acuáticos	ECHA	24 h

12.2 Procesos de degradación

La sustancia es fácilmente biodegradable.

Demanda Teórica de Oxígeno: 1,51 g/g

Dióxido de Carbono Teórico: 1,659 mg/mg

Proceso	Velocidad de degradación	Tiempo
biótico/abiótico	91,8 %	28 d

12.3 Potencial de bioacumulación

Se enriquece en organismos insignificadamente.

n-octanol/agua (log KOW)

-1,98

FBC

100 ECHA

12.4 Movilidad en el suelo

No se dispone de datos.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 453/2010/UE



Dietilenglicol $\geq 99\%$, para síntesis

número de artículo: 0968

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

No se dispone de datos.

12.6 Otros efectos adversos

Ligeramente peligroso para el agua.

SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

13.1 Métodos para el tratamiento de residuos

Eliminense el producto y su recipiente como residuos peligrosos. Eliminar el contenido/el recipiente de conformidad con la normativa local, regional, nacional o internacional conformément à la réglementation locale/régionale/nationale/internationale.

Información pertinente para el tratamiento de las aguas residuales

No tirar los residuos por el desagüe.

13.2 Disposiciones sobre prevención de residuos

La coordinación de los números de clave de los residuos/marcas de residuos según CER hay que efectuarla específicamente de ramo y proceso.

13.3 Observaciones

Los residuos se deben clasificar en las categorías aceptadas por los centros locales o nacionales de tratamiento de residuos. Porfavor considerar las disposiciones nacionales o regionales pertinentes.

SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

- | | | |
|------|--|--|
| 14.1 | Número ONU | (no está sometido a las reglamentaciones de transporte) |
| 14.2 | Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas | no relevantes |
| 14.3 | Clase(s) de peligro para el transporte | no relevantes |
| | Clase | - |
| 14.4 | Grupo de embalaje | no relevantes |
| 14.5 | Peligros para el medio ambiente | ninguno (no peligroso para el medio ambiente conforme al reglamento para el transporte de mercancías peligrosas) |
| 14.6 | Precauciones particulares para los usuarios | No hay información adicional. |
| 14.7 | Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL 73/78 y del Código IBC | El transporte a granel de la mercancía no esta previsto. |
| 14.8 | Información para cada uno de los Reglamentos tipo de las Naciones Unidas | |
| | • Transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable (ADR/RID/ADN) | |
| | No está sometido al ADR, RID y al ADN. | |

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 453/2010/UE



Dietilenglicol ≥99%, para síntesis

número de artículo: 0968

• Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG)

No está sometido al IMDG.

SECCIÓN 15: Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Disposiciones pertinentes de la Unión Europea (UE)

• Restricciones conforme a REACH, Anexo XVII

Ninguno de los componentes está incluido en la lista.

• Lista de sustancias sujetas a autorización (REACH, Anexo XIV)

Ninguno de los componentes está incluido en la lista.

• Limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas pinturas y barnices y en los productos de renovación del acabado de vehículo (2004/42/CE, Directiva Decopaint)

Contenido de COV 100 %

Catálogos nacionales

La sustancia es enumerada en los siguientes inventarios nacionales:

- EINECS/ELINCS/NLP (Europa)
- REACH (Europa)

15.2 Evaluación de la seguridad química

No se ha realizado una evaluación de la seguridad química de esta sustancia.

SECCIÓN 16: Información adicional

Abreviaturas y los acrónimos

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
ADN	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Vías Navegables Interiores)
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera)
CAS	Chemical Abstracts Service (número identificador único carente de significado químico)
CLP	Reglamento (CE) no 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado (Classification, Labelling and Packaging) de sustancias y mezclas
CMR	Carcinógeno, Mutágeno o tóxico para la Reproducción
COV	compuestos orgánicos volátiles
DMEL	Derived Minimal Effect Level (nivel derivado con efecto mínimo)
DNEL	Derived No-Effect Level (nivel sin efecto derivado)
EINECS	European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (Catálogo Europeo de Sustancias Químicas Comercializadas)
ELINCS	European List of Notified Chemical Substances (lista europea de sustancias químicas notificadas)
FBC	Factor de BioConcentración
IMDG	International Maritime Dangerous Goods Code (código marítimo internacional de mercancías peligrosas)
MARPOL	el convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (abr. de "Marine Pollutant")

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 453/2010/UE



Dietilenglicol $\geq 99\%$, para síntesis

número de artículo: **0968**

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
mPmB	muy persistente y muy bioacumulable
NLP	No-Longer Polymer (ex-polímero)
No de índice	el número de clasificación es el código de identificación que se da a la sustancia en la parte 3 del el anexo VI del Reglamento (CE) no 1272/2008
PBT	Persistente, Bioacumulable y Tóxico
PNEC	Predicted No-Effect Concentration (concentración prevista sin efecto)
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (registro, evaluación, autorización y restricción de las sustancias y preparados químicos ⁹)
RID	Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses (Reglamento referente al transporte internacional por ferrocarril de mercancías peligrosas)
SGA	"Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de sustancias químicas" elaborado por Naciones Unidas

Principales referencias bibliográficas y fuentes de datos

- Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH), modificado por 453/2010/UE
- Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP, UE SGA)

Frases pertinentes (código y texto completo como se expone en el capítulo 2 y 3)

Código	Texto
H302	nocivo en caso de ingestión

Cláusula de exención de responsabilidad

La información en ésta hoja de datos de seguridad corresponden al leal saber de nuestros conocimiento el día de impresión. Las informaciones deben de ser puntos de apoyo para un manejo seguro de productos mencionados en esta hoja de seguridad para el almacenamiento, elaboración, transporte y eliminación. Las indicaciones no se pueden traspasar a otros productos. Mientras el producto sea mezclado o elaborado con otros materiales, las indicaciones de esta hoja de seguridad no se pueden traspasar así al agente nuevo.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 04.08.2017

Versión 4.6

SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Artículo número	808245
Denominación	Trietilenglicol para síntesis
Número de registro REACH	01-2119438366-35-XXXX
No. CAS	112-27-6

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados	Producto químico para síntesis Para informaciones adicionales a usos refiérase al portal Merck Chemicals (www.merckgroup.com ; for USA/Canada www.emdgroup.com).
--------------------	---

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía	Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Alemania * Tel: +49 6151 72-0
Departamento Responsable	LS-QHC * e-mail: prodsafe@merckgroup.com

1.4 Teléfono de emergencia

Instituto Nacional de Toxicología * Madrid * Tel: 91 562 04 20

SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	808245
Nombre del producto	Trietilenglicol para síntesis

2.3 Otros peligros

Ninguno conocido.

SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancia

Formula	HO(CH ₂ CH ₂ O) ₃ H	C ₆ H ₁₄ O ₄ (Hill)
No. CE	203-953-2	
Masa molar	150,17 g/mol	

Observaciones	Ningún ingrediente peligroso según la Reglamento (CE) No. 1907/2006.
---------------	--

3.2 Mezcla

No aplicable

SECCIÓN 4. Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Tras inhalación: aire fresco.

En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas.

Aclararse la piel con agua/ ducharse.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Retirar las lentillas.

Tras ingestión: hacer beber agua (máximo 2 vasos), en caso de malestar consultar al médico.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

efectos irritantes, Tos, Náusea, Vómitos, Dolor de cabeza

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	808245
Nombre del producto	Trietilenglicol para síntesis

inmediatamente

No hay información disponible.

SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Agua, Espuma, Dióxido de carbono (CO₂), Polvo seco

Medios de extinción no apropiados

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Inflamable.

Los vapores son más pesados que el aire y pueden expandirse a lo largo del suelo.

En caso de fuerte calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire.

En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios

En caso de fuego, protéjase con un equipo respiratorio autónomo.

Otros datos

Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: No respirar los vapores, aerosoles. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia:

Equipo protector véase sección 8.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	808245
Nombre del producto	Trietilenglicol para síntesis

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames. Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10). Recoger con materiales absorbentes, p. ej. con Chemizorb®. Proceder a la eliminación de los residuos. Aclarar.

6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Consejos para una manipulación segura

Observar las indicaciones de la etiqueta.

Medidas de higiene

Sustituir la ropa contaminada. Lavar manos al término del trabajo.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento

Bien cerrado.

Seco. Protejido de la luz.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

7.3 Usos específicos finales

Fuera de los usos indicados en la sección 1.2 no se previenen aplicaciones finales adicionales.

SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

No contiene sustancias con valores límites de exposición profesional.

8.2 Controles de la exposición

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 808245
Nombre del producto Trietilenglicol para síntesis

Medidas de ingeniería

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal.

Véase sección 7.1.

Medidas de protección individual

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

Protección de los ojos / la cara

Gafas de seguridad

Protección de las manos

Sumerción:

Material del guante:	Caucho nitrilo
Espesor del guante:	0,11 mm
tiempo de penetración:	> 480 min

Salpicaduras:

Material del guante:	Caucho nitrilo
Espesor del guante:	0,11 mm
tiempo de penetración:	> 480 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 741 Dermatrill® L (Sumerción), KCL 741 Dermatrill® L (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de)

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	808245
Nombre del producto	Trietilenglicol para síntesis

Protección respiratoria

necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro A

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Éstas medidas deben ser documentadas debidamente.

Controles de exposición medioambiental

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Forma	líquido
Color	incoloro
Olor	inodoro
Umbral olfativo	No hay información disponible.
pH	6,5 - 7,5 a 100 g/l 20 °C
Punto de fusión	-7 °C
Punto /intervalo de ebullición	285 - 295 °C a 1.013 hPa Método: DIN 53171
Punto de inflamación	aprox. 165 °C Método: c.c.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	808245
Nombre del producto	Trietilenglicol para síntesis

Tasa de evaporación	No hay información disponible.
Inflamabilidad (sólido, gas)	No hay información disponible.
Límite de explosión, inferior	0,9 %(v)
Límite superior de explosividad	9,2 %(v)
Presión de vapor	< 0,01 hPa a 20 °C
Densidad relativa del vapor	5,18
Densidad	1,123 g/cm ³ a 20 °C
Densidad relativa	No hay información disponible.
Solubilidad en agua	a 20 °C soluble
Coeficiente de reparto n-octanol/agua	log Pow: -1,98 (25 °C) (calculado) No es de esperar una bioacumulación. (Literatura)
Temperatura de auto-inflamación	No hay información disponible.
Temperatura de descomposición	> 200 °C
Viscosidad, dinámica	49,4 mPa.s a 20 °C
Propiedades explosivas	No clasificado/a como explosivo/a.
Propiedades comburentes	ningún

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	808245
Nombre del producto	Trietilenglicol para síntesis

9.2 Otros datos

Temperatura de ignición	370 °C
	Método: DIN 51794

SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

En caso de fuerte calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire.
Debe considerarse crítico un intervalo a partir de aprox. 15 Kelvin por debajo del punto de inflamación.

10.2 Estabilidad química

sensible a la humedad
Sensibilidad a la luz
Sensible al aire.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Reacción exotérmica con:
Bases, Ácidos fuertes, peróxido de hidrógeno/agua oxigenada, Oxidantes, Oxígeno
Posibles reacciones violentas con:
Isocianatos, permanganatos, Peróxidos, halogenóxidos, persulfatos

10.4 Condiciones que deben evitarse

Exposición a la humedad.
Calentamiento fuerte.

10.5 Materiales incompatibles

Cinc

10.6 Productos de descomposición peligrosos

información no disponible

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	808245
Nombre del producto	Trietilenglicol para síntesis

SECCIÓN 11. Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad oral aguda

DL50 Rata: > 2.000 mg/kg

ATC METHODE

Toxicidad aguda por inhalación

CL50 Rata: > 5,2 mg/l; 4 h ; aerosol

(ECHA)

Síntomas: leves irritaciones de las mucosas, Tos

Toxicidad cutánea aguda

DL50 Rata: > 5.000 mg/kg

(IUCLID)

Irritación de la piel

Conejo

Resultado: Sin irritación

Prueba de Draize

Irritación ocular

Conejo

Resultado: No irrita los ojos

Prueba de Draize

Sensibilización

Test de parches: hombre

Resultado: negativo

(ECHA)

Mutagenicidad en células germinales

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	808245
Nombre del producto	Trietilenglicol para síntesis

Genotoxicidad in vitro

Prueba de Ames

Escherichia coli/Salmonella typhimurium

Resultado: negativo

Método: Directrices de ensayo 471 del OECD

Mutagenicidad (ensayo de células de mamífero): ensayo de aberración cromosómica.
células del ovario del hámster chino

Resultado: negativo

Método: OECD TG 473

Carcinogenicidad

Esta información no está disponible.

Toxicidad para la reproducción

Esta información no está disponible.

Teratogenicidad

Esta información no está disponible.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Esta información no está disponible.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas

Esta información no está disponible.

Peligro de aspiración

Esta información no está disponible.

11.2 Otros datos

Posibles síntomas:

Tras absorción:

Dolor de cabeza, Náusea, Vómitos

Tras absorción de grandes cantidades:

Perjudicial para:

Hígado, Riñón

Los riesgos son improbables con manejo adecuado.

Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	808245
Nombre del producto	Trietilenglicol para síntesis

SECCIÓN 12. Información ecológica

12.1 Toxicidad

Toxicidad para los peces

Ensayo estático CL50 *Lepomis macrochirus* (Pez-luna Blugill): > 10.000 mg/l; 96 h
(ECHA)

Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos

Ensayo estático CE50 *Daphnia magna* (Pulga de mar grande): > 10.000 mg/l; 48 h
DIN 38412

Toxicidad para las bacterias

Inhibición de la respiración EC10 lodo activado: > 1.995 mg/l; 30 min
(ECHA)

12.2 Persistencia y degradabilidad

Biodegradabilidad

95 %; 14 d

OECD TG 302B

Se elimina fácilmente del agua

Demanda teórica de oxígeno (DTO)

1.600 mg/g

(Literatura)

Ratio BOD/ThBOD

DBO5 1,4 - 32 %

(Literatura)

Ratio COD/ThBOD

98 %

(Literatura)

12.3 Potencial de bioacumulación

Coeficiente de reparto n-octanol/agua

log Pow: -1,98 (25 °C)

(calculado)

No es de esperar una bioacumulación. (Literatura)

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	808245
Nombre del producto	Trietilenglicol para síntesis

12.4 Movilidad en el suelo

No hay información disponible.

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

Una valoración PBT y MPMB no se hizo, debido al hecho de que una evaluación de peligro químico no es necesaria o no existe.

12.6 Otros efectos adversos

La descarga en el ambiente debe ser evitada.

SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

Métodos para el tratamiento de residuos

Consulte en www.retrologistik.com sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

Directiva sobre residuos 2008/98 nota / CE.

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales y nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

Transporte por carretera (ADR/RID)

14.1 - 14.6	Producto no peligroso según los criterios de la reglamentación del transporte.
-------------	--

Transporte fluvial (ADN)

No relevante

Transporte aéreo (IATA)

14.1 - 14.6	Producto no peligroso según los criterios de la reglamentación del transporte.
-------------	--

Transporte marítimo (IMDG)

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	808245
Nombre del producto	Trietilenglicol para síntesis

14.1 - 14.6 Producto no peligroso según los criterios de la reglamentación del transporte.

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC
No relevante

SECCIÓN 15. Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Disposiciones legales de la CE

Legislación de Peligro de	SEVESO III
Accidente Importante	No aplicable
Alemán	

Reglamento 1005/2009/CE relativo a sustancias que agotan la capa de ozono	no regulado
---	-------------

Reglamento (CE) nº 850/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre contaminantes orgánicos persistentes que modifica la Directiva 79/117/CEE	no regulado
---	-------------

Sustancias extremadamente preocupantes (SVHC)	Este producto no contiene sustancias extremadamente preocupantes por encima del límite legal de concentración correspondiente ($\geq 0,1$ % p/p) según la normativa CE n.º 1907/2006 (REACH), artículo 57.
---	---

Legislación nacional

Clase de almacenamiento	10 - 13
-------------------------	---------

15.2 Evaluación de la seguridad química

Para este producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	808245
Nombre del producto	Trietilenglicol para síntesis

SECCIÓN 16. Otra información

Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad

Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en www.wikipedia.org.

Representante regional

Merck Chemical and Life Science, S.A. |

C/ María de Molina, 40 | 28006 Madrid - España |

Tel: +34 935655500 | Fax: +34 935440000 | email: SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com |

www.merck.es

Los datos suministrados en ésta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de éste producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Tolueno ≥99,5 %, for synthesis

número de artículo: **9558**

Versión: **1.0 es**

fecha de emisión: 24.09.2015

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Identificación de la sustancia	Tolueno
Número de artículo	9558
Número de registro (REACH)	01-2119471310-51-xxxx
No de índice	601-021-00-3
Número CE	203-625-9
Número CAS	108-88-3

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados: producto químico de laboratorio

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Carl Roth GmbH + Co KG
Schoemperlenstr. 3-5
D-76185 Karlsruhe
Alemania

Teléfono: +49 (0) 721 - 56 06 0

Fax: +49 (0) 721 - 56 06 149

e-mail: sicherheit@carlroth.de

Sitio web: www.carlroth.de

Persona competente responsable de la ficha de datos de seguridad : Department Health, Safety and Environment

e-mail (persona competente) : sicherheit@carlroth.de

1.4 Teléfono de emergencia

Servicios de información para casos de emergencia

Poison Centre Munich: +49/(0)89 19240

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Clasificación según SGA			
Sección	Clase de peligro	Clase y categoría de peligro	Indicación de peligro
2.6	líquidos inflamables	(Flam. Liq. 2)	H225
3.2	corrosión o irritación cutáneas	(Skin Irrit. 2)	H315
3.7	toxicidad para la reproducción	(Repr. 2)	H361d
3.8D	toxicidad específica en determinados órganos - exposición única (efectos narcóticos, somnolencia)	(STOT SE 3)	H336
3.9	toxicidad específica en determinados órganos (exposiciones repetidas)	(STOT RE 2)	H373

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Tolueno $\geq 99,5\%$, for synthesis

número de artículo: 9558

Clasificación según SGA			
Sección	Clase de peligro	Clase y categoría de peligro	Indicación de peligro
3.10	peligro por aspiración	(Asp. Tox. 1)	H304

Observaciones

Véase el texto completo de las frases H y EUH en la SECCIÓN 16.

Los principales efectos adversos fisicoquímicos, para la salud humana y para el medio ambiente
Efectos narcóticos.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Palabra de advertencia

Peligro

Pictogramas



Indicaciones de peligro

H225	Líquido y vapores muy inflamables.
H304	Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.
H315	Provoca irritación cutánea.
H336	Puede provocar somnolencia o vértigo.
H361d	Se sospecha que daña al feto.
H373	Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas (en caso de inhalación).

Consejos de prudencia

Consejos de prudencia - prevención

P210	Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.
P280	Llevar guantes/gafas de protección.

Consejos de prudencia - respuesta

P302+P352	EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con abundante agua y jabón abundantes.
P308+P313	EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: consultar a un médico.
P331	NO provocar el vómito.

Reservado exclusivamente a usuarios profesionales

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Tolueno $\geq 99,5$ %, for synthesis

número de artículo: **9558**

Etiquetado de los envases cuyo contenido no excede de 125 ml

Palabra de advertencia: **Peligro**

Símbolo(s)



H304
H361d

Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.
Se sospecha que daña al feto.

P308+P313
P331

EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: consultar a un médico.
NO provocar el vómito.

2.3 Otros peligros

No hay información adicional.

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancias

Nombre de la sustancia	Tolueno
No de índice	601-021-00-3
Número de registro (REACH)	01-2119471310-51-xxxx
Número CE	203-625-9
Número CAS	108-88-3
Fórmula molecular	C ₇ H ₈
Masa molar	92,14 g/mol

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios



Notas generales

Quitar las prendas contaminadas.

En caso de inhalación

Proporcionar aire fresco. Si aparece malestar o en caso de duda consultar a un médico.

En caso de contacto con la piel

Aclararse la piel con agua/ ducharse. Si aparece malestar o en caso de duda consultar a un médico.

En caso de contacto con los ojos

Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Si aparece malestar o en caso de duda consultar a un médico.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Tolueno $\geq 99,5$ %, for synthesis

número de artículo: **9558**

En caso de ingestión

Llamar al médico inmediatamente. En caso de accidente o malestar, acudase inmediatamente al médico (si es posible, mostrar la etiqueta).

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

En caso de contacto con los ojos: Enrojecimiento conjuntival, Causa irritación de ligera a moderada, Después de contacto con la piel: Provoca un efecto desengrasante en la piel, Efectos irritantes, En caso de ingestión: Vómitos, Peligro de aspiración, En caso de inhalación: Tos, Pueden producirse cefaleas y mareos, Déficit de la percepción y la coordinación, aumento del tiempo de reacción, o somnolencia, Efecto de envenenamiento en el sistema nervioso central puede causar convulsiones, dificultad al respirar y desmayo

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

Vigilar el movimiento de circulación. Observaciones posteriores de pulmonía y edema pulmonar.

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Coordinar las medidas de extinción con los alrededores
agua pulverizada, espuma, polvo extinguidor seco, dióxido de carbono (CO₂)

Medios de extinción no apropiados

chorro de agua

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Combustible. Los vapores de disolventes son más pesados que el aire y se pueden extender por el suelo. Vapores pueden formar con aire una mezcla explosiva.

Productos de combustión peligrosos

En caso de incendio pueden formarse: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂)

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Luchar contra el incendio desde una distancia razonable, tomando las precauciones habituales. Llevar un aparato de respiración autónomo.

Equipos de protección especial que debe llevar el personal de lucha contra incendios

Ropa de protección contra productos químicos, líquidos y gaseosos, incluyendo aerosoles líquidos y partículas sólidas. Aparato de respiración autónomo (SCBA). Aparato de respiración autónomo (EN 133).

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

La utilización de equipos de protección adecuados (incluido el equipo de protección personal mencionado en la sección 8 de la ficha de datos de seguridad) con el fin de evitar toda posible contaminación de la piel, los ojos y la ropa. Evitar el contacto con la piel, los ojos y la ropa. Prevención de las fuentes de ignición.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Tolueno $\geq 99,5$ %, for synthesis

número de artículo: **9558**

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Manteniendo el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas. Retener y eliminar el agua de lavado contaminada. Propiedades explosivas.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Consejos sobre la manera de contener un vertido

Cierre de desagües.

Indicaciones adecuadas sobre la manera de limpiar un vertido

Absorber con una sustancia aglutinante de líquidos (arena, harina fósil, aglutinante de ácidos, aglutinante universal).

Otras indicaciones relativas a los vertidos y las fugas

Colocar en recipientes apropiadas para su eliminación. Ventilar la zona afectada.

Referencia a otras secciones

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5. Equipo de protección personal: véase sección 8. Materiales incompatibles: véase sección 10. Consideraciones relativas a la eliminación: véase sección 13.

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Prever una ventilación suficiente.

- **Medidas de prevención de incendios, así como las destinadas a impedir la formación de partículas en suspensión y polvo**



Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar.

Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas. Debido al peligro de explosión, evitar pérdidas de vapores en bodegas, alcantarillados y cunetas.

Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo

Lavar las manos antes de las pausas y al fin del trabajo. Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos. No fumar durante su utilización.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Mantener el recipiente herméticamente cerrado.

Sustancias o mezclas incompatibles

Observe el almacenamiento compatible de productos químicos.

Atención a otras indicaciones

Conectar a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción.

• Requisitos de ventilación

Utilización de ventilación local y general.

• Diseño específico de locales o depósitos de almacenamiento

Temperatura de almacenaje recomendada: 15 - 25 °C.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Tolueno ≥99,5 %, for synthesis

número de artículo: **9558**

7.3 Usos específicos finales

No existen informaciones.

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

Valores límites nacionales

Valores límites de exposición profesional (límites de exposición en el lugar de trabajo)

País	Nombre del agente	No CAS	Anota-ción	Identifica-dor	VLA-ED [mg/m³]	VLA-EC [mg/m³]	Fuente
ES	tolueno	108-88-3		VLA	192	384	INSHT
EU	tolueno	108-88-3		IOELV	192	384	2006/15/CE

Anotación

VLA-EC Valor límite ambiental-exposición de corta duración (nivel de exposición de corta duración): valor límite a partir del cual no debe producirse ninguna exposición y que hace referencia a un periodo de 15 minutos, salvo que se disponga lo contrario

VLA-ED Valor límite ambiental-exposición diaria (límite de exposición de larga duración): tiempo medido o calculado en relación con un periodo de referencia de una media ponderada en el tiempo de ocho horas

Valores límite biológicos

País	Nombre del agente	Parámetro	Anota-ción	Identifi-cador	Valor	Material	Fuente
ES	tolueno	o-cresol		VLB	0,5 mg/l	orina	INSHT
ES	tolueno	tolueno		VLB	0,05 mg/l	sangre	INSHT
ES	tolueno	ácido hipúrico	crea	VLB	1,6 g/g	orina	INSHT

Anotación

crea Creatinina

DNEL/DMEL/PNEC pertinentes y otros niveles umbrales

• valores relativos a la salud humana

Parámetro	Niveles um-brales	Objetivo de pro-tección, vía de ex-posición	Utilizado en	Tiempo de exposición
DNEL	384 mg/m³	humana, por inhalación	trabajadore (industrial)	agudo - efectos locales
DNEL	384 mg/m³	humana, por inhalación	trabajadore (industrial)	agudo - efectos sistémicos
DNEL	192 mg/m³	humana, por inhalación	trabajadore (industrial)	crónico - efectos locales
DNEL	384 mg/kg	humana, cutánea	trabajadore (industrial)	crónico - efectos sistémicos
DNEL	192 mg/m³	humana, por inhalación	trabajadore (industrial)	crónico - efectos sistémicos

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Tolueno $\geq 99,5$ %, for synthesis

número de artículo: **9558**

• valores medioambientales

Parámetro	Niveles umbrales	Compartimiento ambiental	Tiempo de exposición
PNEC	0,68 mg/l	agua dulce	corto plazo (ocasión única)
PNEC	0,68 mg/l	agua marina	corto plazo (ocasión única)
PNEC	13,61 mg/l	depuradora de aguas residuales (STP)	corto plazo (ocasión única)
PNEC	16,39 mg/kg	sedimentos de agua dulce	corto plazo (ocasión única)
PNEC	16,39 mg/kg	sedimentos marinos	corto plazo (ocasión única)
PNEC	2,89 mg/kg	suelo	corto plazo (ocasión única)
PNEC	0,68 mg/l	agua	continuamente

8.2 Controles de exposición

Medidas de protección individual (equipo de protección personal)



Protección de los ojos/la cara

Utilizar gafas de protección con con protección a los costados.

Protección de la piel

• protección de las manos

Úsense guantes adecuados. Adecuado es un guante de protección química probado según la norma EN 374. Para usos especiales se recomienda verificar con el proveedor de los guantes de protección, la resistencia de éstos contra los productos químicos arriba mencionada.

• tipo de material

FKM: fluoroelastómero

• espesor del material

0,4 mm.

• tiempo de penetración del material con el que están fabricados los guantes

>480 minutos (permeación: nivel 6)

• otras medidas de protección

Hacer períodos de recuperación para la regeneración de la piel. Protectores de la piel preventivos (cremas de protección/pomadas) están recomendados.

Ropa protectora de fuego.

Protección respiratoria

Protección respiratoria es necesaria para: Formación de aerosol y niebla. Tipo: A (contra gases y vapores orgánicos con un punto de ebullición de > 65°C, código de color: marrón).

El tiempo límite de uso según GefStoffV en combinación con las reglas sobre el uso de aparatos respiratorios (BGR 190) se deben respetar.

Controles de exposición medioambiental

Manteniendo el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Tolueno $\geq 99,5$ %, for synthesis

número de artículo: 9558

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Aspecto

Estado físico	líquido (fluido)
Color	incolor
Olor	característico
Umbral olfativo	No existen datos disponibles

Otros parámetros físicos y químicos

pH (valor)	Esta información no está disponible.
Punto de fusión/punto de congelación	-95 °C a 1.013 hPa
Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	110,6 °C a 1.013 hPa
Punto de inflamación	4,4 °C a 1.013 hPa
Tasa de evaporación	no existen datos disponibles
Inflamabilidad (sólido, gas)	no relevantes (fluido)

Límites de explosividad

- | | |
|---|-----------------------------------|
| • límite inferior de explosividad (LIE) | 1,1 % vol (46 g/m ³) |
| • límite superior de explosividad (LSE) | 7,1 % vol (308 g/m ³) |

Límites de explosividad de nubes de polvo	no relevantes
---	---------------

- | | |
|---|----------------------|
| • límite inferior de explosividad (LIE) | 46 g/m ³ |
| • límite superior de explosividad (LSE) | 308 g/m ³ |

Presión de vapor	30,89 hPa a 21 °C
------------------	-------------------

Densidad	0,87 g/cm ³ a 20 °C
----------	--------------------------------

Densidad de vapor	3,18 aire = 1
-------------------	---------------

Densidad aparente	No es aplicable
-------------------	-----------------

Densidad relativa	3,18 aire = 1
-------------------	---------------

Solubilidad(es)

Hidrosolubilidad	573 mg/l a 25 °C
------------------	------------------

Coeficiente de reparto

n-octanol/agua (log KOW)	2,73 (pH valor: 7, 20 °C) (ECHA)
--------------------------	----------------------------------

Temperatura de auto-inflamación	480 °C - ECHA
---------------------------------	---------------

Temperatura de descomposición	no existen datos disponibles
-------------------------------	------------------------------

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Tolueno $\geq 99,5$ %, for synthesis

número de artículo: **9558**

Viscosidad

- viscosidad cinemática 0,7 mm²/s a 20 °C
- viscosidad dinámica 0,6 mPa s a 20 °C

Propiedades explosivas ninguno

Propiedades comburentes ninguno

9.2 Otros datos

No hay información adicional.

Índice de refracción 1,496

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

riesgo de ignición, Vapores pueden formar con aire una mezcla explosiva

10.2 Estabilidad química

El material es estable bajo condiciones ambientales normales y en condiciones previsibles de temperatura y presión durante su almacenamiento y manipulación.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Peligro de explosión: Percloratos, Ácido sulfúrico, concentrado, Ácido nítrico, Acido acético,
Reacciones fuertes con: Ácidos minerales, Muy comburente

10.4 Condiciones que deben evitarse

No se conocen condiciones particulares que deban evitarse.

10.5 Materiales incompatibles

diferentes Artículos de caucho, plásticos

10.6 Productos de descomposición peligrosos

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5.

SECCIÓN 11: Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda

No se clasificará como toxicidad aguda.

Vía de exposición	Parámetro	Valor	Especie	Fuente
oral	LD50	5580 mg/kg	rata	ECHA
inhalación: vapores	LC50	28,1 mg/l/4h	rata	ECHA
cutánea	LD50	>5000 mg/kg	conejo	ECHA

Corrosión o irritación cutánea

Provoca irritación cutánea.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Tolueno $\geq 99,5\%$, for synthesis

número de artículo: 9558

Lesiones oculares graves o irritación ocular

No se clasificará como causante de lesiones oculares graves o como irritante ocular.

Sensibilización respiratoria o cutánea

No se clasificará como sensibilizante respiratoria o sensibilizante cutánea.

Resumen de la evaluación de las propiedades CMR

Toxicidad para la reproducción:

Se sospecha que daña al feto

• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Puede provocar somnolencia o vértigo.

• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición repetida

Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas (en caso de inhalación).

Peligro por aspiración

Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.

Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas

• En caso de ingestión

vómitos, presente un peligro por aspiración

• En caso de contacto con los ojos

conjuntivitis, causa irritación de ligera a moderada

• En caso de inhalación

causa irritación de ligera a moderada, tos, cefalea, efecto de envenenamiento en el sistema nervioso central puede causar convulsiones, dificultad al respirar y desmayo

• En caso de contacto con la piel

provoca un efecto desengrasante en la piel, La propiedad desengrasante del producto puede causar si la exposición es repetida o continua irritaciones de piel y dermatitis

Otros datos

Ninguno.

SECCIÓN 12: Información ecológica

12.1 Toxicidad

según 1272/2008/CE: No se clasificará como peligroso para el medio ambiente acuático.

Toxicidad acuática (aguda)

Parámetro	Valor	Especie	Fuente	Tiempo de exposición
LC50	5,5 mg/l	pez	ECHA	96 horas

Toxicidad acuática (crónica)

Parámetro	Valor	Especie	Fuente	Tiempo de exposición
LC50	3,78 mg/l	invertebrados acuáticos	ECHA	2 d
EC50	3,23 mg/l	invertebrados acuáticos	ECHA	7 d
LOEC	2,77 mg/l	pez	ECHA	40 d
NOEC	1,39 mg/l	pez	ECHA	40 d

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Tolueno $\geq 99,5$ %, for synthesis

número de artículo: **9558**

12.2 Procesos de degradación

Demanda Teórica de Oxígeno: 3,13 g/g
Dióxido de Carbono Teórico: 3,343 mg/mg
Demanda Bioquímica de Oxígeno: 0,86 g/g

12.3 Potencial de bioacumulación

Se enriquece en organismos insignificantemente.

n-octanol/agua (log KOW)

2,73 (pH valor: 7, 20 °C)

FBC

90 (ECHA)

12.4 Movilidad en el suelo

No se dispone de datos.

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

No se dispone de datos.

12.6 Otros efectos adversos

Peligroso para el agua.

SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

13.1 Métodos para el tratamiento de residuos

Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos. Eliminar el contenido/el recipiente de conformidad con la normativa local, regional, nacional o internacional conformément à la réglementation locale/régionale/nationale/internationale.

Información pertinente para el tratamiento de las aguas residuales

No tirar los residuos por el desagüe.

Tratamiento de residuos de recipientes/embalajes

Es un residuo peligroso; solamente pueden usarse envases que han sido aprobado (p.ej. conforme a ADR).

13.2 Disposiciones sobre prevención de residuos

La coordinación de los números de clave de los residuos/marcas de residuos según CER hay que efectuarla específicamente de ramo y proceso.

13.3 Observaciones

Los residuos se deben clasificar en las categorías aceptadas por los centros locales o nacionales de tratamiento de residuos. Porfavor considerar las disposiciones nacionales o regionales pertinentes.

SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

14.1	Número ONU	1294
14.2	Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	TOLUENO
	Componentes peligrosos	Tolueno
14.3	Clase(s) de peligro para el transporte	
	Clase	3 (líquidos inflamables)
14.4	Grupo de embalaje	II (materia medianamente peligrosa)
14.5	Peligros para el medio ambiente	ninguno (no peligroso para el medio ambiente conforme al reglamento para el transporte de mercancías peligrosas)

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Tolueno ≥99,5 %, for synthesis

número de artículo: **9558**

14.6 Precauciones particulares para los usuarios

Las disposiciones concernientes a las mercancías peligrosas (ADR) se deben cumplir dentro de las instalaciones.

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL y del Código IBC

El transporte a granel de la mercancía no esta previsto.

14.8 Información para cada uno de los Reglamentos tipo de las Naciones Unidas

• Transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable (ADR/RID/ADN)

Número ONU	1294
Designación oficial	TOLUENO
Menciones en la carta de porte	UN1294, TOLUENO, 3, II, (D/E)
Clase	3
Código de clasificación	F1
Grupo de embalaje	II
Etiqueta(s) de peligro	3



Cantidades exemptuadas (EQ)	E2
Cantidades limitadas (LQ)	1 L
Categoría di transporte (CT)	2
Código de restricciones en túneles (CRT)	D/E
Número de identificación de peligro	33

• Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG)

Número ONU	1294
Designación oficial	TOLUENE
Designaciones indicadas en la declaración del expedidor (shipper's declaration)	UN1294, TOLUENO, 3, II, 4,4°C c.c.
Clase	3
Grupo de embalaje	II
Etiqueta(s) de peligro	3



Disposiciones especiales (DS)	-
Cantidades exemptuadas (EQ)	E2
Cantidades limitadas (LQ)	1 L
EmS	F-E, S-D
Categoría de estiba (stowage category)	B

Tolueno ≥99,5 %, for synthesis

número de artículo: 9558

SECCIÓN 15: Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Disposiciones pertinentes de la Unión Europea (UE)

- **Reglamento 649/2012/UE relativo a la exportación e importación de productos químicos peligrosos (PIC)**

No incluido en la lista.

- **Reglamento 1005/2009/CE sobre las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)**

No incluido en la lista.

- **Reglamento 850/2004/CE sobre contaminantes orgánicos persistentes (POP)**

No incluido en la lista.

- **Lista de sustancias sujetas a autorización (REACH, Anexo XIV)**

no incluido en la lista

- **Directiva Seveso**

96/82/CE (Seveso II)			
No	Sustancia peligrosa/categorías de peligro	Cantidades umbral (en toneladas)	Notas
7b	fácilmente inflamable	5.000 50.000	24)

Anotación

24) Líquidos muy inflamables: sustancias y preparados cuyo punto de inflamación sea inferior a 21 °C y que no sean extremadamente inflamables (enunciado de riesgo R11, segundo guión)

2012/18/UE (Seveso III)			
No	Sustancia peligrosa/categorías de peligro	Cantidades umbral (en toneladas) de aplicación de los requisitos de nivel inferior e superior	Notas
P5c	líquidos inflamables (cat. 2, 3)	5.000 50.000	51)

Anotación

51) Líquidos inflamables de las categorías 2 o 3 no comprendidos en P5a y P5b

- **Limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas pinturas y barnices y en los productos de renovación del acabado de vehículo (2004/42/CE, Directiva Decopaint)**

Contenido de COV 100 %

- **Directiva sobre emisiones industriales (COVs, 2010/75/UE)**

Contenido de COV 100 %

- **Directiva 2011/65/UE sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RoHS) - Anexo II**

no incluido en la lista

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Tolueno $\geq 99,5$ %, for synthesis

número de artículo: **9558**

Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas
no incluido en la lista

Catálogos nacionales

La sustancia es enumerada en los siguientes inventarios nacionales:

- EINECS/ELINCS/NLP (Europa)
- REACH (Europa)

15.2 Evaluación de la seguridad química

No se ha realizado una evaluación de la seguridad química de esta sustancia.

SECCIÓN 16: Otra información

Abreviaturas y los acrónimos

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
2006/15/CE	Directiva de la Comisión por la que se establece una segunda lista de valores límite de exposición profesional indicativos en aplicación de la Directiva 98/24/CE del Consejo y por la que se modifican las Directivas 91/322/CEE y 2000/39/CE
ADN	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Vías Navegables Interiores)
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera)
CAS	Chemical Abstracts Service (número identificador único carente de significado químico)
CLP	Reglamento (CE) no 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado (Classification, Labelling and Packaging) de sustancias y mezclas
CMR	Carcinógeno, Mutágeno o tóxico para la Reproducción
COV	compuestos orgánicos volátiles
DMEL	Derived Minimal Effect Level (nivel derivado con efecto mínimo)
DNEL	Derived No-Effect Level (nivel sin efecto derivado)
EINECS	European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (Catálogo Europeo de Sustancias Químicas Comercializadas)
ELINCS	European List of Notified Chemical Substances (lista europea de sustancias químicas notificadas)
EmS	Emergency Schedule (programa de emergencias)
FBC	Factor de BioConcentración
IMDG	International Maritime Dangerous Goods Code (código marítimo internacional de mercancías peligrosas)
INSHT	Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos, INSHT
MARPOL	el convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (abr. de "Marine Pollutant")
mPmB	muy persistente y muy bioacumulable
NLP	No-Longer Polymer (ex-polímero)
No de índice	el número de clasificación es el código de identificación que se da a la sustancia en la parte 3 del el anexo VI del Reglamento (CE) no 1272/2008
PBT	Persistente, Bioacumulable y Tóxico
PNEC	Predicted No-Effect Concentration (concentración prevista sin efecto)
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (registro, evaluación, autorización y restricción de las sustancias y preparados químicos)

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Tolueno ≥99,5 %, for synthesis

número de artículo: **9558**

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
RID	Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses (Reglamento referente al transporte internacional por ferrocarril de mercancías peligrosas)
SGA	"Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de sustancias químicas" elaborado por Naciones Unidas

Principales referencias bibliográficas y fuentes de datos

- Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH), modificado por 2015/830/UE
- Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP, UE SGA)

Frases pertinentes (código y texto completo como se expone en el capítulo 2 y 3)

Código	Texto
H225	líquido y vapores muy inflamables
H304	puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias
H315	provoca irritación cutánea
H336	puede provocar somnolencia o vértigo
H361d	se sospecha que daña al feto
H373	puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas (en caso de inhalación)

Cláusula de exención de responsabilidad

La información en ésta hoja de datos de seguridad corresponden al leal saber de nuestros conocimiento el día de impresión. Las informaciones deben de ser puntos de apoyo para un manejo seguro de productos mencionados en esta hoja de seguridad para el almacenamiento, elaboración, transporte y eliminación. Las indicaciones no se pueden traspasar a otros productos. Mientras el producto sea mezclado o elaborado con otros materiales, las indicaciones de esta hoja de seguridad no se pueden traspasar así al agente nuevo.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 28.07.2017

Versión 16.17

SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Artículo número	109646
Denominación	Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases
Número de registro REACH	01-2119447106-44-XXXX
No. CAS	71-43-2

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados	Análisis químico Para informaciones adicionales a usos refiérase al portal Merck Chemicals (www.merckgroup.com ; for USA/Canada www.emdgroup.com).
--------------------	---

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía	Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Alemania * Tel: +49 6151 72-0
Departamento Responsable	LS-QHC * e-mail: prodsafe@merckgroup.com

1.4 Teléfono de emergencia

Instituto Nacional de Toxicología * Madrid * Tel: 91 562 04 20

SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

Líquido inflamable, Categoría 2, H225

Irritación cutáneas, Categoría 2, H315

Irritación ocular, Categoría 2, H319

Mutagenicidad en células germinales, Categoría 1B, H340

Carcinogenicidad, Categoría 1A, H350

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 1, Sangre, H372

Peligro de aspiración, Categoría 1, H304

Toxicidad acuática crónica, Categoría 3, H412

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H340 Puede provocar defectos genéticos.

H350 Puede provocar cáncer.

H225 Líquido y vapores muy inflamables.

H304 Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.

H315 Provoca irritación cutánea.

H319 Provoca irritación ocular grave.

H372 Perjudica a determinados órganos (Sangre) por exposición prolongada o repetida.

H412 Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Consejos de prudencia

Prevención

P201 Pedir instrucciones especiales antes del uso.

P210 Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

cualquier otra fuente de ignición. No fumar.

P240 Conectar a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción.

P273 Evitar su liberación al medio ambiente.

Intervención

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P314 Consultar a un médico en caso de malestar.

Almacenamiento

P403 + P233 Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente.

Reservado exclusivamente a usuarios profesionales.

Etiquetado reducido (≤ 125 ml)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H340 Puede provocar defectos genéticos.

H350 Puede provocar cáncer.

H304 Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.

H372 Perjudica a determinados órganos (Sangre) por exposición prolongada o repetida.

H412 Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Consejos de prudencia

P201 Pedir instrucciones especiales antes del uso.

P210 Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

Contiene: Benceno

No. Índice 601-020-00-8

2.3 Otros peligros

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

Ninguno conocido.

SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancia

Formula	C ₆ H ₆ (Hill)
No. Índice	601-020-00-8
No. CE	200-753-7
Masa molar	78,11 g/mol

Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Nombre químico (Concentración)

No. CAS	Número de registro	Clasificación
---------	--------------------	---------------

Benceno (<= 100 %)

71-43-2	01-2119447106-44-XXXX
---------	-----------------------

Líquido inflamable, Categoría 2, H225

Irritación cutáneas, Categoría 2, H315

Irritación ocular, Categoría 2, H319

Mutagenicidad en células germinales, Categoría 1B, H340

Carcinogenicidad, Categoría 1A, H350

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas, Categoría 1, H372

Peligro de aspiración, Categoría 1, H304

Toxicidad acuática crónica, Categoría 3, H412

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

3.2 Mezcla

No aplicable

SECCIÓN 4. Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

Recomendaciones generales

El socorrista necesita protegerse a si mismo.

Tras inhalación: aire fresco. Llamar inmediatamente al médico. Tras parada respiratoria: inmediatamente respiración instrumental. Aplicar oxígeno en caso necesario.

En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua/ ducharse. Consultar a un médico.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Consultar al oftalmólogo. Retirar las lentillas.

Tras ingestión: cuidado con los vómitos. ¡Peligro de aspiración! Mantener libres las vías respiratorias. Llame inmediatamente al médico. Posible obstrucción pulmonar tras aspiración del vómito.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

efectos irritantes, paro respiratorio, Vértigo, narcosis, borrachera, euforia, ansiedad, Náusea, Dolor de cabeza, Cansancio, efectos sobre el sistema nervioso central
Acción desengrasante con formación de piel resquebrajada y agrietada.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

No hay información disponible.

SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Espuma, Dióxido de carbono (CO₂), Polvo seco

Medios de extinción no apropiados

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Inflamable.

Son posibles mezclas explosivas con el aire a temperaturas normales.

Los vapores son más pesados que el aire y pueden expandirse a lo largo del suelo.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

Prestar atención al retorno de la llama.

En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios

Permanencia en el área de riesgo sólo con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada .

Otros datos

Separar el recipiente de la zona de peligro y refrigerarlo con agua. Reprimir los gases/vapores/neblinas con agua pulverizada. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: No respirar los vapores, aerosoles. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una ventilación apropiada. Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia:

Equipo protector véase sección 8.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado. Riesgo de explosión.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames. Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10). Recoger cuidadosamente con agentes absorbentes de líquidos, p.ej. Chemisorb®. Añadir a residuos a tratar. Aclarar.

6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Consejos para una manipulación segura

Trabajar bajo campana extractora. No inhalar la sustancia/la mezcla. Evítese la generación de vapores/aerosoles.

Observar las indicaciones de la etiqueta.

Indicaciones para la protección contra incendio y explosión

Mantener apartado de las llamas abiertas, de las superficies calientes y de los focos de ignición. Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.

Medidas de higiene

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento

Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado. Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición. Mantenerlo encerrado en una zona únicamente accesible por las personas autorizadas o calificadas.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

7.3 Usos específicos finales

Fuera de los usos indicados en la sección 1.2 no se previenen aplicaciones finales adicionales.

SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

Componentes

Base	Valor	Limites umbrales	Observaciones
<i>Benceno (71-43-2)</i>			
VLA (ES)	Valor Límite Ambiental- Exposición Diaria (VLA- ED)	1 ppm 3,25 mg/m3	
	Clasificación de riesgo a la piel:		Absorción potencial a través de la piel.
EU OELIII	Clasificación de riesgo a la piel:		Absorción potencial a través de la piel.
	Límite máximo permisible de exposición promedio ponderado en tiempo	1 ppm 3,25 mg/m3	
VLA (ES)			vease Apartado 8 (Agentes químicos Cancerígenos y Mutágenos)

Procedimientos de control recomendados

Los métodos para la medición de la atmósfera del puesto de trabajo deben cumplir con los requisitos de las normas DIN EN 482 y DIN EN 689.

8.2 Controles de la exposición

Medidas de ingeniería

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal.

Véase sección 7.1.

Medidas de protección individual

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

Protección de los ojos / la cara

Gafas de seguridad

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

Protección de las manos

Sumerción:

Material del guante:	Vitón (R)
Espesor del guante:	0,70 mm
tiempo de penetración:	> 480 min

Salpicaduras:

Material del guante:	Caucho nitrilo
Espesor del guante:	0,40 mm
tiempo de penetración:	> 10 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 890 Vitoject® (Sumerción), KCL 730 Camatril® -Velours (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de)

Otras medidas de protección

Vestimenta protectora antiestática retardante de la flama.

Protección respiratoria

necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro A-(P3)

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Éstas medidas deben ser documentadas debidamente.

Controles de exposición medioambiental

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

Riesgo de explosión.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Forma	líquido
Color	incoloro
Olor	característico
Umbral olfativo	0,5 - 277,1 ppm
pH	No hay información disponible.
Punto de fusión	5,5 °C
Punto /intervalo de ebullición	80,1 °C a 1.013 hPa
Punto de inflamación	-11 °C Método: DIN 51755 Part 1
Tasa de evaporación	No hay información disponible.
Inflamabilidad (sólido, gas)	No hay información disponible.
Límite de explosión, inferior	1,4 %(v)
Límite superior de explosividad	8,0 %(v)
Presión de vapor	101 hPa a 20 °C
Densidad relativa del vapor	2,7

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	109646
Nombre del producto	Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

Densidad	0,88 g/cm ³ a 20 °C
Densidad relativa	No hay información disponible.
Solubilidad en agua	1,88 g/l a 23,5 °C
Coeficiente de reparto n-octanol/agua	log Pow: 2,13 (experimentalmente) (Literatura) No es de esperar una bioacumulación.
Temperatura de auto-inflamación	No hay información disponible.
Temperatura de descomposición	No hay información disponible.
Viscosidad, dinámica	No hay información disponible.
Propiedades explosivas	No clasificado/a como explosivo/a.
Propiedades comburentes	ningún

9.2 Otros datos

Temperatura de ignición	555 °C Método: DIN 51794
Viscosidad, cinemática	0,78 mm ² /s a 20 °C

SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

evaporable en corriente de vapor de agua

Los vapores pueden formar una mezcla explosiva con el aire.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiental).

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Reacción exotérmica con:

halógenos

Hidrocarburo halogenado, en presencia de:, Metales ligeros

Riesgo de explosión con:

halogenuros de halógeno, Ácido nítrico, Borano, Ozono, peróxidos, percloratos, ácido permangánico, perclorilo fluoruro, Agentes oxidantes fuertes, Cloro, fluoruros, hexafluoruro de uranio

Oxígeno, líquido

Peligro de ignición o de formación de gases o vapores combustibles con:

cromo(VI)óxido, Flúor, compuestos nitrosos, Oxígeno, halogenatos

Posibles reacciones violentas con:

ácidos minerales, azufre

10.4 Condiciones que deben evitarse

Calentamiento.

10.5 Materiales incompatibles

goma, plásticos diversos

10.6 Productos de descomposición peligrosos

información no disponible

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

SECCIÓN 11. Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad oral aguda

DL50 Rata: 5.970 mg/kg

Directrices de ensayo 401 del OECD

Síntomas: Náusea

Toxicidad aguda por inhalación

CL50 Rata: 43,7 mg/l/13700 ppm; 4 h ; vapor

Directrices de ensayo 403 del OECD

Síntomas: Consecuencias posibles:, irritación de las mucosas

Toxicidad cutánea aguda

DL50 Conejo: > 8.260 mg/kg

Directrices de ensayo 402 del OECD

Irritación de la piel

Conejo

Resultado: Irritaciones

Directrices de ensayo 404 del OECD

Acción desengrasante con formación de piel resquebrajada y agrietada.

Provoca irritación cutánea.

Irritación ocular

Conejo

Resultado: Irritación ocular

(ECHA)

Provoca irritación ocular grave.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

Sensibilización

Prueba de Maximización Conejillo de indias

Resultado: No provoca sensibilización a la piel.

Método: Directrices de ensayo 406 del OECD

Mutagenicidad en células germinales

Genotoxicidad in vivo

Prueba de aberración cromosomal

Ratón

macho

inhalación (vapor)

Médula

Resultado: positivo

Método: OECD TG 474

Genotoxicidad in vitro

Prueba de Ames

Salmonella typhimurium

Resultado: negativo

Método: Directrices de ensayo 471 del OECD

Ensayo de mutación genética de células de mamífero in vitro

Resultado: positivo

Método: US-EPA

Carcinogenicidad

Esta información no está disponible.

Toxicidad para la reproducción

Esta información no está disponible.

Teratogenicidad

Esta información no está disponible.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

Efectos CMR

Carcinogenicidad:

Puede causar cáncer. Evidencia positiva de los estudios epidemiológicos en humanos.

Mutagenicidad:

Puede provocar defectos genéticos.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Esta información no está disponible.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas

Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

Órganos diana: Sangre

Toxicidad por dosis repetidas

Rata

machos y hembras

Oral

120 d

diaria/o

NOAEL: 100 mg/kg

LOAEL: 25 mg/kg

OECD TG 408

Toxicidad subcrónica

Rata

machos y hembras

Inhalación

vapor

90 d

diaria/o

NOAEL: 0,96 mg/l

Directrices de ensayo 412 del OECD

Toxicidad subcrónica

Peligro de aspiración

Peligro de aspiración, Aspiración puede causar edema pulmonar y neumonía.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

11.2 Otros datos

Efectos sistémicos:

Tras absorción:

ansiedad, euforia, Dolor de cabeza, Vértigo, borrachera, Cansancio, efectos sobre el sistema nervioso central, narcosis, paro respiratorio

Toxicidad subaguda

Tras tiempo de latencia:

Cambios en la composición de la sangre, hemólisis

Las otras propiedades peligrosas no pueden ser excluidas.

El producto debe manejarse con especial cuidado.

SECCIÓN 12. Información ecológica

12.1 Toxicidad

Toxicidad para los peces

Ensayo dinámico CL50 Oncorhynchus mykiss (Trucha irisada): 5,3 mg/l; 96 h

Controlo analítico: si

Directrices de ensayo 203 del OECD

Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos

Ensayo estático CE50 Daphnia magna (Pulga de mar grande): 10 mg/l; 48 h

OECD TG 202

Toxicidad para las algas

Ensayo estático IC50 Pseudokirchneriella subcapitata (alga verde): 32 mg/l; 72 h

Controlo analítico: si

OECD TG 201

Toxicidad para las bacterias

EC10 Pseudomonas putida: 168 mg/l

(Literatura)

Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos (Toxicidad crónica)

Ensayo semiestático NOEC Ceriodaphnia dubia (pulga de agua): 3 mg/l; 7 d

US-EPA

12.2 Persistencia y degradabilidad

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

Biodegradabilidad

96 %; 28 d; aeróbico

Directrices de ensayo 301F del OECD

Fácilmente biodegradable.

Demanda teórica de oxígeno (DTO)

3.100 mg/g

(Literatura)

Ratio BOD/ThBOD

DBO5 71 %

(Literatura)

DBO20 80 %

(Literatura)

Ratio COD/ThBOD

19 %

(Literatura)

12.3 Potencial de bioacumulación

Coeficiente de reparto n-octanol/agua

log Pow: 2,13

(experimentalmente)

(Literatura) No es de esperar una bioacumulación.

12.4 Movilidad en el suelo

Distribución entre compartimentos medioambientales

Absorción/Suelo

log Koc: 1,93

(experimentalmente)

Móvil en suelos (Literatura)

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

Una valoración PBT y MPMB no se hizo, debido al hecho de que una evaluación de peligro químico no es necesaria o no existe.

12.6 Otros efectos adversos

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

Constante de Henry

562 Pa*m³/mol

a 25 °C

Método: (experimentalmente)

(Literatura) Se reparte preferentemente en el aire.

Información ecológica complementaria

Peligro para el agua potable por filtración en suelos y acuíferos.

La descarga en el ambiente debe ser evitada.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

Métodos para el tratamiento de residuos

Directiva sobre residuos 2008/98 nota / CE.

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales y nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en www.retrologistik.com sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

Transporte por carretera (ADR/RID)

14.1 Número ONU UN 1114

14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas Benceno

14.3 Clase 3

14.4 Grupo de embalaje II

14.5 Peligrosas ambientalmente --

14.6 Precauciones particulares para los usuarios si

Código de restricciones en túneles D/E

Transporte fluvial (ADN)

No relevante

Transporte aéreo (IATA)

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

14.1 Número ONU UN 1114

14.2 Designación oficial de
transporte de las Naciones
Unidas BENZENE

14.3 Clase 3

14.4 Grupo de embalaje II

14.5 Peligrosas ambientalmente --

14.6 Precauciones particulares
para los usuarios no

Transporte marítimo (IMDG)

14.1 Número ONU UN 1114

14.2 Designación oficial de
transporte de las Naciones
Unidas BENZENE

14.3 Clase 3

14.4 Grupo de embalaje II

14.5 Peligrosas ambientalmente --

14.6 Precauciones particulares
para los usuarios si

EmS F-E S-D

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC
No relevante

SECCIÓN 15. Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la
sustancia o la mezcla

Disposiciones legales de la CE

Legislación de Peligro de SEVESO III

Accidente Importante LÍQUIDOS INFLAMABLES

Alemán P5c

Cantidad 1: 5.000 t

Cantidad 2: 50.000 t

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

Restricciones profesionales Tomar nota de la Directiva 94/33/CEE sobre la protección laboral de los jóvenes. Obsérvense las restricciones considerando la protección maternal de acuerdo con la Directiva del Consejo 92/85/CEE o regulaciones mas rigurosas nacionales.

Reglamento 1005/2009/CE relativo a sustancias que agotan la capa de ozono no regulado

Reglamento (CE) nº 850/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre contaminantes orgánicos persistentes que modifica la Directiva 79/117/CEE no regulado

Sustancias extremadamente preocupantes (SVHC) Este producto no contiene sustancias extremadamente preocupantes por encima del límite legal de concentración correspondiente ($\geq 0,1$ % p/p) según la normativa CE nº 1907/2006 (REACH), artículo 57.

Legislación nacional

Clase de almacenamiento 3

15.2 Evaluación de la seguridad química

Para este producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

SECCIÓN 16. Otra información

Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.

H225	Líquido y vapores muy inflamables.
H304	Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.
H315	Provoca irritación cutánea.
H319	Provoca irritación ocular grave.
H340	Puede provocar defectos genéticos.
H350	Puede provocar cáncer.
H372	Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.
H412	Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

Etiquetado

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H225 Líquido y vapores muy inflamables.

H304 Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.

H315 Provoca irritación cutánea.

H319 Provoca irritación ocular grave.

H340 Puede provocar defectos genéticos.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

H350 Puede provocar cáncer.

H372 Perjudica a determinados órganos (Sangre) por exposición prolongada o repetida.

H412 Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Consejos de prudencia

Prevención

P201 Pedir instrucciones especiales antes del uso.

P210 Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. No fumar.

P240 Conectar a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción.

P273 Evitar su liberación al medio ambiente.

Intervención

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P314 Consultar a un médico en caso de malestar.

Almacenamiento

P403 + P233 Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente.

Otros datos

Reservado exclusivamente a usuarios profesionales.

Contiene: Benceno

Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad

Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en www.wikipedia.org.

Representante regional

Merck Chemical and Life Science, S.A. |

C/ María de Molina, 40 | 28006 Madrid - España |

Tel: +34 935655500 | Fax: +34 935440000 | email: SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com |

www.merck.es

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 109646

Nombre del producto Benceno sustancia de referencia para cromatografía de gases

Los datos suministrados en ésta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de éste producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Acetato de metilo ≥99 %, for synthesis

número de artículo: **3730**
Versión: **GHS 1.0 es**

fecha de emisión: 2016-03-21

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Identificación de la sustancia	Acetato de metilo
Número de artículo	3730
Número de registro (REACH)	Esta información no está disponible.
No de índice	607-021-00-X
Número CE	201-185-2
Número CAS	79-20-9

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados: producto químico de laboratorio

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Carl Roth GmbH + Co KG
Schoemperlenstr. 3-5
D-76185 Karlsruhe
Alemania

Teléfono: +49 (0) 721 - 56 06 0

Fax: +49 (0) 721 - 56 06 149

e-mail: sicherheit@carlroth.de

Sitio web: www.carlroth.de

Persona competente responsable de la ficha de datos de seguridad : Department Health, Safety and Environment

e-mail (persona competente) : sicherheit@carlroth.de

1.4 Teléfono de emergencia

Servicios de información para casos de emergencia **Poison Centre Munich: +49/(0)89 19240**

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Clasificación según SGA			
Sección	Clase de peligro	Clase y categoría de peligro	Indicación de peligro
2.6	líquidos inflamables	(Flam. Liq. 2)	H225
3.1D	toxicidad aguda (cutánea)	(Acute Tox. 5)	H313
3.3	lesiones oculares graves o irritación ocular	(Eye Irrit. 2A)	H319
3.8	toxicidad específica en determinados órganos (exposición única)	(STOT SE 1)	H370
3.8D	toxicidad específica en determinados órganos - exposición única (efectos narcóticos, somnolencia)	(STOT SE 3)	H336

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Acetato de metilo $\geq 99\%$, for synthesis

número de artículo: **3730**

Observaciones

Véase el texto completo de las frases H y EUH en la SECCIÓN 16.

Los principales efectos adversos fisicoquímicos, para la salud humana y para el medio ambiente

Efectos narcóticos.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Palabra de advertencia

Peligro

Pictogramas



Indicaciones de peligro

H225	Líquido y vapores muy inflamables.
H313	Puede ser nocivo en contacto con la piel.
H319	Provoca irritación ocular grave.
H336	Puede provocar somnolencia o vértigo.
H370	Provoca daños en los órganos.

Consejos de prudencia

Consejos de prudencia - prevención

P210	Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.
P260	No respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol.

Consejos de prudencia - respuesta

P308+P311	EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico.
P370+P378	En caso de incendio: Utilizar arena, carbono dióxido o extintor de polvo para la extinción.

Consejos de prudencia - almacenamiento

P403+P233	Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente.
P403+P235	Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener en lugar fresco.

Etiquetado de los envases cuyo contenido no excede de 125 ml

Palabra de advertencia: **Peligro**

Símbolo(s)



ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Acetato de metilo $\geq 99\%$, for synthesis

número de artículo: **3730**

H313	Puede ser nocivo en contacto con la piel.
H319	Provoca irritación ocular grave.
H370	Provoca daños en los órganos.

2.3 Otros peligros

No hay información adicional.

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancias

Nombre de la sustancia	Acetato de metilo
No de índice	607-021-00-X
Número CE	201-185-2
Número CAS	79-20-9
Fórmula molecular	$C_3H_6O_2$
Masa molar	74,08 g/mol

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios



Notas generales

Quitar las prendas contaminadas.

En caso de inhalación

Proporcionar aire fresco. Si aparece malestar o en caso de duda consultar a un médico.

En caso de contacto con la piel

Aclararse la piel con agua/ ducharse. Si aparece malestar o en caso de duda consultar a un médico.

En caso de contacto con los ojos

Mantener separados los párpados y enjuagar con abundante agua limpia y fresca por lo menos durante 10 minutos. En caso de irritación ocular consultar al oculista.

En caso de ingestión

Lavar la boca inmediatamente y beber agua en abundancia. Llamar a un médico.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Irritación, Mareos, Somnolencia, Vértigo, Cefalea, Ahogos, Narcosis

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

ninguno

Acetato de metilo $\geq 99\%$, for synthesis

número de artículo: **3730**

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Coordinar las medidas de extinción con los alrededores
agua pulverizada, espuma, polvo extinguidor seco, dióxido de carbono (CO₂)

Medios de extinción no apropiados

chorro de agua

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Combustible. Vapores pueden formar con aire una mezcla explosiva.

Productos de combustión peligrosos

En caso de incendio pueden formarse: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂)

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Los vapores son más pesados que el aire. Tener cuidado con rechazos. Luchar contra el incendio desde una distancia razonable, tomando las precauciones habituales. Llevar un aparato de respiración autónomo.

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

No respirar los vapores/aerosoles. Evítese el contacto con los ojos y la piel. Prevención de las fuentes de ignición.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Manteniendo el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.
Propiedades explosivas.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Consejos sobre la manera de contener un vertido

Cierre de desagües.

Indicaciones adecuadas sobre la manera de limpiar un vertido

Absorber con una sustancia aglutinante de líquidos (arena, harina fósil, aglutinante de ácidos, aglutinante universal).

Otras indicaciones relativas a los vertidos y las fugas

Colocar en recipientes apropiadas para su eliminación. Ventilar la zona afectada.

Referencia a otras secciones

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5. Equipo de protección personal: véase sección 8. Materiales incompatibles: véase sección 10. Consideraciones relativas a la eliminación: véase sección 13.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Acetato de metilo $\geq 99\%$, for synthesis

número de artículo: 3730

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Ventilar suficiente y aspiración puntual en puntos críticos. No respirar los vapores. Mantenga el envase bien cerrado cuando no lo use.

- **Medidas de prevención de incendios, así como las destinadas a impedir la formación de partículas en suspensión y polvo**



Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar.

Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas. Debido al peligro de explosión, evitar pérdidas de vapores en bodegas, alcantarillados y cunetas.

Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo

Lavar las manos antes de las pausas y al fin del trabajo. No fumar durante su utilización.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente.

Sustancias o mezclas incompatibles

Observe el almacenamiento compatible de productos químicos.

Atención a otras indicaciones

- **Requisitos de ventilación**

Utilización de ventilación local y general.

- **Diseño específico de locales o depósitos de almacenamiento**

Temperatura de almacenaje recomendada: 15 - 25 °C.

7.3 Usos específicos finales

No existen informaciones.

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

Valores límites nacionales

Valores límites de exposición profesional (límites de exposición en el lugar de trabajo)

País	Nombre del agente	No CAS	Identificador	VLA-ED [ppm]	VLA-ED [mg/m ³]	VLA-EC [ppm]	VLA-EC [mg/m ³]	Fuente
MX	acetato de metilo	79-20-9	VLE	200		250		NOM-010-STPS

Anotación

VLA-EC Valor límite ambiental-exposición de corta duración (nivel de exposición de corta duración): valor límite a partir del cual no debe producirse ninguna exposición y que hace referencia a un periodo de 15 minutos, salvo que se disponga lo contrario

VLA-ED Valor límite ambiental-exposición diaria (límite de exposición de larga duración): tiempo medido o calculado en relación con un período de referencia de una media ponderada en el tiempo de ocho horas

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Acetato de metilo $\geq 99\%$, for synthesis

número de artículo: 3730

DNEL/DMEL/PNEC pertinentes y otros niveles umbrales

• valores relativos a la salud humana

Parámetro	Niveles umbrales	Objetivo de protección, vía de exposición	Utilizado en	Tiempo de exposición
DNEL	610 mg/m ³	humana, por inhalación	trabajadore (industriale)	crónico - efectos sistémicos
DNEL	305 mg/m ³	humana, por inhalación	trabajadore (industriale)	crónico - efectos locales
DNEL	88 mg/kg pc/día	humana, cutánea	trabajadore (industriale)	crónico - efectos sistémicos

• valores medioambientales

Parámetro	Niveles umbrales	Compartimiento ambiental	Tiempo de exposición
PNEC	0,12 mg/l	agua dulce	corto plazo (ocasión única)
PNEC	0,012 mg/l	agua marina	corto plazo (ocasión única)
PNEC	600 mg/l	depuradora de aguas residuales (STP)	corto plazo (ocasión única)
PNEC	0,128 mg/kg	sedimentos de agua dulce	corto plazo (ocasión única)
PNEC	0,013 mg/kg	sedimentos marinos	corto plazo (ocasión única)
PNEC	0,042 mg/kg	suelo	corto plazo (ocasión única)

8.2 Controles de exposición

Medidas de protección individual (equipo de protección personal)



Protección de los ojos/la cara

Utilizar gafas de protección con con protección a los costados.

Protección de la piel

• protección de las manos

Úsense guantes adecuados. Adecuado es un guante de protección química probado según la norma EN 374. Para usos especiales se recomienda verificar con el proveedor de los guantes de protección, la resistencia de éstos contra los productos químicos arriba mencionada.

• tipo de material

Caucho de butilo

• espesor del material

0,7mm.

• tiempo de penetración del material con el que están fabricados los guantes

>240 minutos (permeación: nivel 5)

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Acetato de metilo $\geq 99\%$, for synthesis

número de artículo: 3730

• otras medidas de protección

Hacer períodos de recuperación para la regeneración de la piel. Protectores de la piel preventivos (cremas de protección/pomadas) están recomendados.
Ropa protectora de fuego.

Protección respiratoria

Protección respiratoria es necesaria para: Formación de aerosol y niebla. Tipo: AX (filtros para gases y filtros combinados contra compuestos orgánicos de bajo punto de ebullición, código de color: marrón).

El tiempo límite de uso según GefStoffV en combinación con las reglas sobre el uso de aparatos respiratorios (BGR 190) se deben respetar.

Controles de exposición medioambiental

Manteniendo el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Aspecto

Estado físico	líquido (fluido)
Color	incolor
Olor	afrutado
Umbral olfativo	No existen datos disponibles

Otros parámetros físicos y químicos

pH (valor)	Esta información no está disponible.
Punto de fusión/punto de congelación	-98 °C
Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	56 - 58 °C
Punto de inflamación	-13 °C (DIN 51755)
Tasa de evaporación	no existen datos disponibles
Inflamabilidad (sólido, gas)	no relevantes (fluido)

Límites de explosividad

• límite inferior de explosividad (LIE)	3,1 % vol
• límite superior de explosividad (LSE)	16 % vol
Límites de explosividad de nubes de polvo	no relevantes
Presión de vapor	220 hPa a 20 °C
Densidad	0,93 g/cm ³
Densidad de vapor	2,6 (aire = 1)
Densidad aparente	No es aplicable
Densidad relativa	Las informaciones sobre esta propiedad no están disponibles.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Acetato de metilo $\geq 99\%$, for synthesis

número de artículo: 3730

Solubilidad(es)

Hidrosolubilidad 320 g/l a 20 °C

Coeficiente de reparto

n-octanol/agua (log KOW) 0,18 (exp.)

Carbono orgánico en el suelo/agua (log KOC) 0,18 (ECHA)

Temperatura de auto-inflamación 455 °C - (DIN 51794)

Temperatura de descomposición no existen datos disponibles

Viscosidad

• viscosidad dinámica 0,38 mPa s a 20 °C

Propiedades explosivas no se clasificará como explosiva

Propiedades comburentes ninguno

9.2 Otros datos

No hay información adicional.

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

riesgo de ignición. Vapores pueden formar con aire una mezcla explosiva.

10.2 Estabilidad química

El material es estable bajo condiciones ambientales normales y en condiciones previsibles de temperatura y presión durante su almacenamiento y manipulación.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Reacciones fuertes con: Muy comburente, Ácidos, Bases

10.4 Condiciones que deben evitarse

Conservar alejado del calor.

10.5 Materiales incompatibles

plástico y caucho

10.6 Productos de descomposición peligrosos

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5.

SECCIÓN 11: Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda

Vía de exposición	Parámetro	Valor	Especie	Fuente
oral	LD50	6.482 mg/kg	rata	ECHA
cutánea	LD50	>2.000 mg/kg	conejo	ECHA

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Acetato de metilo $\geq 99\%$, for synthesis

número de artículo: 3730

Corrosión o irritación cutánea

No se clasificará como corrosivo/irritante para la piel.

Lesiones oculares graves o irritación ocular

Provoca irritación ocular grave.

Sensibilización respiratoria o cutánea

No se clasificará como sensibilizante respiratoria o sensibilizante cutánea.

Resumen de la evaluación de las propiedades CMR

No se clasificará como mutágeno en células germinales, carcinógeno ni tóxico para la reproducción

• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Provoca daños en los órganos. Puede provocar somnolencia o vértigo.

• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición repetida

No se clasifica como tóxico específico en determinados órganos (exposición repetida).

Peligro por aspiración

No se clasifica como peligroso en caso de aspiración.

Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas

• En caso de ingestión

no se dispone de datos

• En caso de contacto con los ojos

Provoca irritación ocular grave

• En caso de inhalación

efectos irritantes, vértigo, cefalea, Ahogos, narcosis

• En caso de contacto con la piel

Contacto frecuente y continuo con la piel puede causar irritaciones de piel

Otros datos

Ninguno

SECCIÓN 12: Información ecológica

12.1 Toxicidad

según 1272/2008/CE: No se clasificará como peligroso para el medio ambiente acuático.

Toxicidad acuática (aguda)

Parámetro	Valor	Especie	Fuente	Tiempo de exposición
EC50	1.027 mg/l	daphnia magna	OECD-202	48 horas
LC50	250 mg/l	pez cebra (Danio rerio)	OECD-203	96 horas
ErC50	>120 mg/l	alga	ECHA	72 horas

Toxicidad acuática (crónica)

Parámetro	Valor	Especie	Fuente	Tiempo de exposición
EC50	6.100 mg/l	microorganismos	ECHA	30 min
crecimiento (CEbx) 10%	1.730 mg/l	microorganismos	ECHA	30 min

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Acetato de metilo $\geq 99\%$, for synthesis

número de artículo: 3730

12.2 Procesos de degradación

La sustancia es fácilmente biodegradable.

Demanda Teórica de Oxígeno: $1,512 \frac{\text{g}}{\text{g}}$

Dióxido de Carbono Teórico: $1,782 \frac{\text{mg}}{\text{mg}}$

Proceso	Velocidad de degradación	Tiempo
biótico/abiótico	>70 %	19 d
desaparición de oxígeno	1 %	0 d

12.3 Potencial de bioacumulación

Se enriquece en organismos insignificadamente.

n-octanol/agua (log KOW) 0,18

12.4 Movilidad en el suelo

Constante de la ley de Henry $6,43 \frac{\text{Pa m}^3}{\text{mol}}$ a 20°C

El coeficiente de adsorción normalizado para tener en cuenta el carbono orgánico 0,18

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

No se dispone de datos.

12.6 Otros efectos adversos

Ligeramente peligroso para el agua.

SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

13.1 Métodos para el tratamiento de residuos

Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos. Eliminar el contenido/el recipiente de conformidad con la normativa local, regional, nacional o internacional conformément à la réglementation locale/régionale/nationale/internationale.

Información pertinente para el tratamiento de las aguas residuales

No tirar los residuos por el desagüe.

Tratamiento de residuos de recipientes/embalajes

Es un residuo peligroso; solamente pueden usarse envases que han sido aprobado (p.ej. conforme a ADR).

13.2 Disposiciones sobre prevención de residuos

La coordinación de los números de clave de los residuos/marcas de residuos según CER hay que efectuarla espeditivamente de ramo y proceso.

13.3 Observaciones

Los residuos se deben clasificar en las categorías aceptadas por los centros locales o nacionales de tratamiento de residuos. Porfavor considerar las disposiciones nacionales o regionales pertinentes.

ficha de datos de seguridad


conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Acetato de metilo $\geq 99\%$, for synthesis

número de artículo: 3730

SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

14.1	Número ONU	1231
14.2	Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	ACETATO DE METILO
	Componentes peligrosos	Essigsäuremethylester
14.3	Clase(s) de peligro para el transporte	
	Clase	3 (líquidos inflamables)
14.4	Grupo de embalaje	II (materia medianamente peligrosa)
14.5	Peligros para el medio ambiente	ninguno (no peligroso para el medio ambiente conforme al reglamento para el transporte de mercancías peligrosas)
14.6	Precauciones particulares para los usuarios Las disposiciones concernientes a las mercancías peligrosas (ADR) se deben cumplir dentro de las instalaciones.	
14.7	Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL y del Código IBC El transporte a granel de la mercancía no está previsto.	
14.8	Información para cada uno de los Reglamentos tipo de las Naciones Unidas	
	• Transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable (ADR/RID/ADN)	
	Número ONU	1231
	Designación oficial	ACETATO DE METILO
	Menciones en la carta de porte	UN1231, ACETATO DE METILO, 3, II, (D/E)
	Clase	3
	Código de clasificación	F1
	Grupo de embalaje	II
	Etiqueta(s) de peligro	3
		
	Cantidades exemptuadas (EQ)	E2
	Cantidades limitadas (LQ)	1 L
	Categoría de transporte (CT)	2
	Código de restricciones en túneles (CRT)	D/E
	Número de identificación de peligro	33
	• Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG)	
	Número ONU	1231
	Designación oficial	METHYL ACETATE
	Designaciones indicadas en la declaración del expedidor (shipper's declaration)	UN1231, ACETATO DE METILO, 3, II, -13°C c.c.
	Clase	3


ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Acetato de metilo ≥99 %, for synthesis

número de artículo: 3730

Grupo de embalaje	II
Etiqueta(s) de peligro	3
	
Disposiciones especiales (DS)	-
Cantidades exemptuadas (EQ)	E2
Cantidades limitadas (LQ)	1 L
EmS	F-E, S-D
Categoría de estiba (stowage category)	B

SECCIÓN 15: Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Disposiciones pertinentes de la Unión Europea (UE)

- **Reglamento 649/2012/UE relativo a la exportación e importación de productos químicos peligrosos (PIC)**

No incluido en la lista.

- **Reglamento 1005/2009/CE sobre las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)**

No incluido en la lista.

- **Reglamento 850/2004/CE sobre contaminantes orgánicos persistentes (POP)**

No incluido en la lista.

- **Restricciones conforme a REACH, Anexo XVII**

no incluido en la lista

- **Lista de sustancias sujetas a autorización (REACH, Anexo XIV)**

no incluido en la lista

- **Directiva Seveso**

2012/18/UE (Seveso III)

No	Sustancia peligrosa/categorías de peligro	Cantidades umbral (en toneladas) de aplicación de los requisitos de nivel inferior e superior		Notas
P5c	Líquidos inflamables (cat. 2, 3)	5.000	50.000	51)

Anotación

51) Líquidos inflamables de las categorías 2 o 3 no comprendidos en P5a y P5b

- **Limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas pinturas y barnices y en los productos de renovación del acabado de vehículo (2004/42/CE, Directiva Decopaint)**

Contenido de COV 100 %

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Acetato de metilo $\geq 99\%$, for synthesis

número de artículo: 3730

• Directiva sobre emisiones industriales (COVs, 2010/75/UE)

Contenido de COV 100 %

Directiva 2011/65/UE sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RoHS) - Anexo II

no incluido en la lista

Reglamento 166/2006/CE relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y transferencias de contaminantes (PRTR)

no incluido en la lista

Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas

no incluido en la lista

Catálogos nacionales

La sustancia es enumerada en los siguientes inventarios nacionales:

- EINECS/ELINCS/NLP (Europa)
- REACH (Europa)

15.2 Evaluación de la seguridad química

No se ha realizado una evaluación de la seguridad química de esta sustancia.

SECCIÓN 16: Otra información

Abreviaturas y los acrónimos

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
ADN	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Vías Navegables Interiores)
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera)
CAS	Chemical Abstracts Service (número identificador único carente de significado químico)
CLP	Reglamento (CE) no 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado (Classification, Labelling and Packaging) de sustancias y mezclas
CMR	Carcinógeno, Mutágeno o tóxico para la Reproducción
COV	compuestos orgánicos volátiles
DMEL	Derived Minimal Effect Level (nivel derivado con efecto mínimo)
DNEL	Derived No-Effect Level (nivel sin efecto derivado)
EINECS	European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (Catálogo Europeo de Sustancias Químicas Comercializadas)
ELINCS	European List of Notified Chemical Substances (lista europea de sustancias químicas notificadas)
EmS	Emergency Schedule (programa de emergencias)
IMDG	International Maritime Dangerous Goods Code (código marítimo internacional de mercancías peligrosas)
MARPOL	el convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (abr. de "Marine Pollutant")
mPmB	muy persistente y muy bioacumulable
NLP	No-Longer Polymer (ex-polímero)
No de índice	el número de clasificación es el código de identificación que se da a la sustancia en la parte 3 del el anexo VI del Reglamento (CE) no 1272/2008

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Acetato de metilo $\geq 99\%$, for synthesis

número de artículo: 3730

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
NOM-010-STPS	NORMA Oficial Mexicana NOM-010-STPS: Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral-Reconocimiento, evaluación y control
PBT	Persistente, Bioacumulable y Tóxico
PNEC	Predicted No-Effect Concentration (concentración prevista sin efecto)
ppm	partes por millón
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (registro, evaluación, autorización y restricción de las sustancias y preparados químicos)
RID	Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses (Reglamento referente al transporte internacional por ferrocarril de mercancías peligrosas)
SGA	"Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de sustancias químicas" elaborado por Naciones Unidas
VLA-EC	valor límite ambiental-exposición de corta duración
VLA-ED	valor límite ambiental-exposición diaria
VLE	valor límite ambiental

Principales referencias bibliográficas y fuentes de datos

- Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH), modificado por 2015/830/UE
- Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP, UE SGA)

Frases pertinentes (código y texto completo como se expone en el capítulo 2 y 3)

Código	Texto
H225	líquido y vapores muy inflamables
H313	puede ser nocivo en contacto con la piel
H319	provoca irritación ocular grave
H336	puede provocar somnolencia o vértigo
H370	provoca daños en los órganos

Cláusula de exención de responsabilidad

La información en ésta hoja de datos de seguridad corresponden al leal saber de nuestros conocimiento el día de impresión. Las informaciones deben de ser puntos de apoyo para un manejo seguro de productos mencionados en esta hoja de seguridad para el almacenamiento, elaboración, transporte y eliminación. Las indicaciones no se pueden traspasar a otros productos. Mientras el producto sea mezclado o elaborado con otros materiales, las indicaciones de esta hoja de seguridad no se pueden traspasar así al agente nuevo.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Butanol ROTISOLV® ≥99,8%, UV/IR-Grade

número de artículo: **4431**
Versión: **1.0 es**

fecha de emisión: 03.12.2015

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Identificación de la sustancia	1-Butanol
Número de artículo	4431
Número de registro (REACH)	01-2119484630-38-xxxx
No de índice	603-004-00-6
Número CE	200-751-6
Número CAS	71-36-3

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados: producto químico de laboratorio

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Carl Roth GmbH + Co KG
Schoemperlenstr. 3-5
D-76185 Karlsruhe
Alemania

Teléfono: +49 (0) 721 - 56 06 0

Fax: +49 (0) 721 - 56 06 149

e-mail: sicherheit@carlroth.de

Sitio web: www.carlroth.de

Persona competente responsable de la ficha de datos de seguridad : Department Health, Safety and Environment

e-mail (persona competente) : sicherheit@carlroth.de

1.4 Teléfono de emergencia

Servicios de información para casos de emergencia

Poison Centre Munich: +49/(0)89 19240

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Clasificación según SGA			
Sección	Clase de peligro	Clase y categoría de peligro	Indicación de peligro
2.6	líquidos inflamables	(Flam. Liq. 3)	H226
3.10	toxicidad aguda (oral)	(Acute Tox. 4)	H302
3.2	corrosión o irritación cutáneas	(Skin Irrit. 2)	H315
3.3	lesiones oculares graves o irritación ocular	(Eye Dam. 1)	H318
3.8R	toxicidad específica en determinados órganos - exposición única (irritación de las vías respiratorias)	(STOT SE 3)	H335

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Butanol ROTISOLV® ≥99,8%, UV/IR-Grade

número de artículo: **4431**

Clasificación según SGA

Sección	Clase de peligro	Clase y categoría de peligro	Indicación de peligro
3.8D	toxicidad específica en determinados órganos - exposición única (efectos narcóticos, somnolencia)	(STOT SE 3)	H336

Observaciones

Véase el texto completo de las frases H y EUH en la SECCIÓN 16.

Los principales efectos adversos fisicoquímicos, para la salud humana y para el medio ambiente

Efectos narcóticos.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Palabra de advertencia

Peligro

Pictogramas



Indicaciones de peligro

H226	Líquidos y vapores inflamables.
H302	Nocivo en caso de ingestión.
H315	Provoca irritación cutánea.
H318	Provoca lesiones oculares graves.
H335	Puede irritar las vías respiratorias.
H336	Puede provocar somnolencia o vértigo.

Consejos de prudencia

Consejos de prudencia - prevención

P210	Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.
P280	Llevar guantes/gafas de protección.

Consejos de prudencia - respuesta

P302+P352	EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con abundante agua y jabón abundantes.
P305+P351+P338	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.
P310	Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Butanol ROTISOLV® ≥99,8%, UV/IR-Grade

número de artículo: 4431

Etiquetado de los envases cuyo contenido no excede de 125 ml

Palabra de advertencia: **Peligro**

Símbolo(s)



H318 Provoca lesiones oculares graves.

P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.

P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P310 Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico.

2.3 Otros peligros

No hay información adicional.

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancias

Nombre de la sustancia	1-Butanol
No de índice	603-004-00-6
Número de registro (REACH)	01-2119484630-38-xxxx
Número CE	200-751-6
Número CAS	71-36-3
Fórmula molecular	C ₄ H ₁₀ O
Masa molar	74,12 g/mol

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios



Notas generales

Quitar las prendas contaminadas.

En caso de inhalación

Si respira con dificultad, transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar. Es necesario un tratamiento médico.

En caso de contacto con la piel

Aclararse la piel con agua/ ducharse. En caso de irritaciones cutáneas, consultar a un dermatólogo.

En caso de contacto con los ojos

En caso de contacto con los ojos aclarar inmediatamente los ojos abiertos bajo agua corriente durante 10 o 15 minutos y consultar al oftalmólogo.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Butanol ROTISOLV® ≥99,8%, UV/IR-Grade

número de artículo: **4431**

En caso de ingestión

Enjuáguese la boca con agua (solamente si la persona está consciente). Llamar a un médico. Peligro por aspiración.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Mareos, Pérdida de conciencia, Tos, Vómitos, Peligro de ceguera, Somnolencia, Vértigo, Náuseas, Fatiga, Riesgo de lesiones oculares graves, Irritación, Ahogos

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

ninguno

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Coordinar las medidas de extinción con los alrededores
espuma, espuma resistente al alcohol, polvo extinguidor seco, dióxido de carbono (CO₂)

Medios de extinción no apropiados

chorro de agua

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Combustible. Vapores pesan más que aire, se extienden sobre el suelo y producen con aire mezclas explosivas. Vapores pueden formar con aire una mezcla explosiva.

Productos de combustión peligrosos

En caso de incendio pueden formarse: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂)

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Luchar contra el incendio desde una distancia razonable, tomando las precauciones habituales. Llevar un aparato de respiración autónomo.

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

La utilización de equipos de protección adecuados (incluido el equipo de protección personal mencionado en la sección 8 de la ficha de datos de seguridad) con el fin de evitar toda posible contaminación de la piel, los ojos y la ropa. Evitar el contacto con la piel, los ojos y la ropa. No respirar los vapores/aerosoles. Prevención de las fuentes de ignición.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Manteniendo el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas. Propiedades explosivas.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Consejos sobre la manera de contener un vertido

Cierre de desagües.

Indicaciones adecuadas sobre la manera de limpiar un vertido

Absorber con una sustancia aglutinante de líquidos (arena, harina fósil, aglutinante de ácidos, aglutinante universal).

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Butanol ROTISOLV® ≥99,8%, UV/IR-Grade

número de artículo: 4431

Otras indicaciones relativas a los vertidos y las fugas

Colocar en recipientes apropiadas para su eliminación. Ventilar la zona afectada.

Referencia a otras secciones

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5. Equipo de protección personal: véase sección 8. Materiales incompatibles: véase sección 10. Consideraciones relativas a la eliminación: véase sección 13.

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Prever una ventilación suficiente. Prever una ventilación suficiente.

• **Medidas de prevención de incendios, así como las destinadas a impedir la formación de partículas en suspensión y polvo**



Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar.

Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.

Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo

Lavar las manos antes de las pausas y al fin del trabajo. Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos. No fumar durante su utilización.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente.

Sustancias o mezclas incompatibles

Observe el almacenamiento compatible de productos químicos.

Atención a otras indicaciones

Conectar a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción.

• Requisitos de ventilación

Utilización de ventilación local y general.

• Diseño específico de locales o depósitos de almacenamiento

Temperatura de almacenaje recomendada: 15 - 25 °C.

7.3 Usos específicos finales

No existen informaciones.

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

Valores límites nacionales

Valores límites de exposición profesional (límites de exposición en el lugar de trabajo)

País	Nombre del agente	No CAS	Identificador	VLA-ED [ppm]	VLA-ED [mg/m³]	VLA-EC [ppm]	VLA-EC [mg/m³]	Fuente
ES	alcohol n-butílico	71-36-3	VLA	20	61	50	154	INSHT

Anotación

VLA-EC Valor límite ambiental-exposición de corta duración (nivel de exposición de corta duración): valor límite a partir del cual no debe producirse ninguna exposición y que hace referencia a un periodo de 15 minutos, salvo que se disponga lo contrario
VLA-ED Valor límite ambiental-exposición diaria (límite de exposición de larga duración): tiempo medido o calculado en relación con un período de referencia de una media ponderada en el tiempo de ocho horas

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Butanol ROTISOLV® ≥99,8%, UV/IR-Grade

número de artículo: **4431**

DNEL/DMEL/PNEC pertinentes y otros niveles umbrales

• valores relativos a la salud humana

Parámetro	Niveles umbrales	Objetivo de protección, vía de exposición	Utilizado en	Tiempo de exposición
DNEL	310 mg/m ³	humana, por inhalación	trabajadore (industrial)	crónico - efectos locales

• valores medioambientales

Parámetro	Niveles umbrales	Compartimiento ambiental	Tiempo de exposición
PNEC	0,082 mg/l	agua dulce	corto plazo (ocasión única)
PNEC	0,0082 mg/l	agua marina	corto plazo (ocasión única)
PNEC	2.476 mg/l	depuradora de aguas residuales (STP)	corto plazo (ocasión única)
PNEC	0,178 mg/kg	sedimentos de agua dulce	corto plazo (ocasión única)
PNEC	0,0178 mg/kg	sedimentos marinos	corto plazo (ocasión única)
PNEC	0,015 mg/kg	suelo	corto plazo (ocasión única)
PNEC	2,25 mg/l	agua	continuamente

8.2 Controles de exposición

Medidas de protección individual (equipo de protección personal)



Protección de los ojos/la cara

Utilizar gafas de protección con con protección a los costados.

Protección de la piel

• protección de las manos

Úsen se guantes adecuados. Adecuado es un guante de protección química probado según la norma EN 374. Para usos especiales se recomienda verificar con el proveedor de los guantes de protección, la resistencia de éstos contra los productos químicos arriba mencionada.

• tipo de material

NBR (Goma de nitrilo)

• espesor del material

0,7mm.

• tiempo de penetración del material con el que están fabricados los guantes

>480 minutos (permeación: nivel 6)

• otras medidas de protección

Hacer períodos de recuperación para la regeneración de la piel. Protectores de la piel preventivos (cremas de protección/pomadas) están recomendados.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Butanol ROTISOLV® ≥99,8%, UV/IR-Grade

número de artículo: **4431**

Protección respiratoria

Protección respiratoria es necesaria para: Formación de aerosol y niebla. Tipo: A (contra gases y vapores orgánicos con un punto de ebullición de > 65°C, código de color: marrón).

El tiempo límite de uso según GefStoffV en combinación con las reglas sobre el uso de aparatos respiratorios (BGR 190) se deben respetar.

Controles de exposición medioambiental

Manteniendo el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Aspecto

Estado físico	líquido (fluido)
Color	incolor
Olor	esta información no está disponible
Umbral olfativo	No existen datos disponibles

Otros parámetros físicos y químicos

pH (valor)	7 (agua: 70 g/l, 20 °C)
Punto de fusión/punto de congelación	<-90 °C
Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	119 °C a 1.013 hPa
Punto de inflamación	35 °C a 1.013 hPa
Tasa de evaporación	no existen datos disponibles
Inflamabilidad (sólido, gas)	no relevantes (fluido)

Límites de explosividad

- límite inferior de explosividad (LIE) 1,4 % vol
- límite superior de explosividad (LSE) 11,3 % vol

Límites de explosividad de nubes de polvo no relevantes

Presión de vapor 6,7 hPa a 20 °C
23,7 hPa a 40 °C
45,1 hPa a 50 °C

Densidad 0,81 g/cm³ a 20 °C

Densidad de vapor 2,6 aire = 1

Densidad aparente No es aplicable

Densidad relativa Las informaciones sobre esta propiedad no están disponibles.

Solubilidad(es)

Hidrosolubilidad 66 g/l a 20 °C

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Butanol ROTISOLV® ≥99,8%, UV/IR-Grade

número de artículo: 4431

Coeficiente de reparto

n-octanol/agua (log KOW)	1 (pH valor: 7, 25 °C) (ECHA)
Temperatura de auto-inflamación	355 °C - ECHA
Temperatura de descomposición	no existen datos disponibles
Viscosidad	
• viscosidad dinámica	2,95 mPa s a 20 °C
Propiedades explosivas	ninguno
Propiedades comburentes	ninguno

9.2 Otros datos

Tensión superficial	69,9 mN/m (20 °C)
Índice de refracción	1,399

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

riesgo de ignición. Calentando: Vapores pueden formar con aire una mezcla explosiva.

10.2 Estabilidad química

El material es estable bajo condiciones ambientales normales y en condiciones previsibles de temperatura y presión durante su almacenamiento y manipulación.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Reacción extotérmica con: Metales alcalinos, Aluminio, Medios de reducción, Cloruros de ácido, inorgánico

10.4 Condiciones que deben evitarse

Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.

10.5 Materiales incompatibles

diferentes plástico y caucho

10.6 Productos de descomposición peligrosos

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5.

SECCIÓN 11: Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda

Vía de exposición	Parámetro	Valor	Especie	Fuente
oral	LD50	2.292 mg/kg	rata	ECHA
cutánea	LD50	3.430 mg/kg	conejo	ECHA

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Butanol ROTISOLV® ≥99,8%, UV/IR-Grade

número de artículo: **4431**

Corrosión o irritación cutánea

Provoca irritación cutánea.

Lesiones oculares graves o irritación ocular

Provoca lesiones oculares graves.

Sensibilización respiratoria o cutánea

No se clasificará como sensibilizante respiratoria o sensibilizante cutánea.

Resumen de la evaluación de las propiedades CMR

No se clasificará como mutágeno en células germinales, carcinógeno ni tóxico para la reproducción

• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Puede irritar las vías respiratorias. Puede provocar somnolencia o vértigo.

• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición repetida

No se clasifica como tóxico específico en determinados órganos (exposición repetida).

Peligro por aspiración

No se clasifica como peligroso en caso de aspiración.

Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas

• En caso de ingestión

vómitos, náuseas, peligro por aspiración

• En caso de contacto con los ojos

Provoca lesiones oculares graves, peligro de ceguera

• En caso de inhalación

no se dispone de datos

• En caso de contacto con la piel

provoca irritación cutánea, riesgo de penetración cutánea

Otros datos

Daños de hígado y riñones, Arritmia cardíaca, Narcosis, Vértigo

SECCIÓN 12: Información ecológica

12.1 Toxicidad

según 1272/2008/CE: No se clasificará como peligroso para el medio ambiente acuático.

Toxicidad acuática (aguda)

Parámetro	Valor	Especie	Fuente	Tiempo de exposición
LC50	1.376 mg/l	pez	ECHA	96 horas
EC50	1.328 mg/l	invertebrados acuáticos	ECHA	48 horas
ErC50	225 mg/l	alga	ECHA	96 horas

Toxicidad acuática (crónica)

Parámetro	Valor	Especie	Fuente	Tiempo de exposición
EC50	18 mg/l	invertebrados acuáticos	ECHA	21 d
NOEC	4,1 mg/l	invertebrados acuáticos	ECHA	21 d
crecimiento (CEbx:EbCx) 10%	2.476 mg/l	microorganismos	ECHA	17 h

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Butanol ROTISOLV® ≥99,8%, UV/IR-Grade

número de artículo: 4431

12.2 Procesos de degradación

La sustancia es fácilmente biodegradable.

Demanda Teórica de Oxígeno: 2,594 g/g

Dióxido de Carbono Teórico: 2,375 mg/mg

Demanda Bioquímica de Oxígeno: 1,5 g/g

Proceso	Velocidad de degradación	Tiempo
biótico/abiótico	98 %	28 d

12.3 Potencial de bioacumulación

Se enriquece en organismos insignificadamente.

n-octanol/agua (log KOW)

1 (pH valor: 7, 25 °C)

FBC

2,7

12.4 Movilidad en el suelo

No se dispone de datos.

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

No se dispone de datos.

12.6 Otros efectos adversos

Ligeramente peligroso para el agua.

SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

13.1 Métodos para el tratamiento de residuos

Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos. Eliminar el contenido/el recipiente de conformidad con la normativa local, regional, nacional o internacional conformément à la réglementation locale/régionale/nationale/internationale.

Información pertinente para el tratamiento de las aguas residuales

No tirar los residuos por el desagüe.

Tratamiento de residuos de recipientes/embalajes

Es un residuo peligroso; solamente pueden usarse envases que han sido aprobado (p.ej. conforme a ADR).

13.2 Disposiciones sobre prevención de residuos

La coordinación de los números de clave de los residuos/marcas de residuos según CER hay que efectuarla espeditivamente de ramo y proceso.

13.3 Observaciones

Los residuos se deben clasificar en las categorías aceptadas por los centros locales o nacionales de tratamiento de residuos. Porfavor considerar las disposiciones nacionales o regionales pertinentes.

ficha de datos de seguridad


conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Butanol ROTISOLV® ≥99,8%, UV/IR-Grade

número de artículo: **4431**

SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

14.1	Número ONU	1120
14.2	Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	BUTANOLES
	Componentes peligrosos	1-Butanol
14.3	Clase(s) de peligro para el transporte	
	Clase	3 (líquidos inflamables)
14.4	Grupo de embalaje	III (materia que presenta un grado menor de peligrosidad)
14.5	Peligros para el medio ambiente	ninguno (no peligroso para el medio ambiente conforme al reglamento para el transporte de mercancías peligrosas)
14.6	Precauciones particulares para los usuarios Las disposiciones concernientes a las mercancías peligrosas (ADR) se deben cumplir dentro de las instalaciones.	
14.7	Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL y del Código IBC El transporte a granel de la mercancía no está previsto.	
14.8	Información para cada uno de los Reglamentos tipo de las Naciones Unidas	
	• Transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable (ADR/RID/ADN)	
	Número ONU	1120
	Designación oficial	BUTANOLES
	Menciones en la carta de porte	UN1120, BUTANOLES, 3, III, (D/E)
	Clase	3
	Código de clasificación	F1
	Grupo de embalaje	III
	Etiqueta(s) de peligro	3
		
	Cantidades exceptuadas (EQ)	E1
	Cantidades limitadas (LQ)	5 L
	Categoría de transporte (CT)	3
	Código de restricciones en túneles (CRT)	D/E
	Número de identificación de peligro	30
	• Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG)	
	Número ONU	1120
	Designación oficial	BUTANOLS
	Designaciones indicadas en la declaración del expedidor (shipper's declaration)	UN1120, BUTANOLES, 3, III, 35°C c.c.
	Clase	3


ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Butanol ROTISOLV® ≥99,8%, UV/IR-Grade

número de artículo: 4431

Grupo de embalaje	III
Etiqueta(s) de peligro	3
	
Disposiciones especiales (DS)	223
Cantidades exemptuadas (EQ)	E1
Cantidades limitadas (LQ)	5 L
EmS	F-E, S-D
Categoría de estiba (stowage category)	B

SECCIÓN 15: Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Disposiciones pertinentes de la Unión Europea (UE)

- **Reglamento 649/2012/UE relativo a la exportación e importación de productos químicos peligrosos (PIC)**

No incluido en la lista.

- **Reglamento 1005/2009/CE sobre las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)**

No incluido en la lista.

- **Reglamento 850/2004/CE sobre contaminantes orgánicos persistentes (POP)**

No incluido en la lista.

- **Restricciones conforme a REACH, Anexo XVII**

no incluido en la lista

- **Lista de sustancias sujetas a autorización (REACH, Anexo XIV)**

no incluido en la lista

- **Directiva Seveso**

2012/18/UE (Seveso III)

No	Sustancia peligrosa/categorías de peligro	Cantidades umbral (en toneladas) de aplicación de los requisitos de nivel inferior e superior		Notas
P5c	Líquidos inflamables (cat. 2, 3)	5.000	50.000	51)

Anotación

51) Líquidos inflamables de las categorías 2 o 3 no comprendidos en P5a y P5b

- **Limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas pinturas y barnices y en los productos de renovación del acabado de vehículo (2004/42/CE, Directiva Decopaint)**

Contenido de COV 100 %

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Butanol ROTISOLV® ≥99,8%, UV/IR-Grade

número de artículo: **4431**

• Directiva sobre emisiones industriales (COVs, 2010/75/UE)

Contenido de COV 100 %

Directiva 2011/65/UE sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RoHS) - Anexo II

no incluido en la lista

Reglamento 166/2006/CE relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y transferencias de contaminantes (PRTR)

no incluido en la lista

Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas

no incluido en la lista

Catálogos nacionales

La sustancia es enumerada en los siguientes inventarios nacionales:

- EINECS/ELINCS/NLP (Europa)
- REACH (Europa)

15.2 Evaluación de la seguridad química

No se ha realizado una evaluación de la seguridad química de esta sustancia.

SECCIÓN 16: Otra información

Abreviaturas y los acrónimos

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
ADN	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Vías Navegables Interiores)
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera)
CAS	Chemical Abstracts Service (número identificador único carente de significado químico)
CLP	Reglamento (CE) no 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado (Classification, Labelling and Packaging) de sustancias y mezclas
CMR	Carcinógeno, Mutágeno o tóxico para la Reproducción
COV	compuestos orgánicos volátiles
DMEL	Derived Minimal Effect Level (nivel derivado con efecto mínimo)
DNEL	Derived No-Effect Level (nivel sin efecto derivado)
EINECS	European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (Catálogo Europeo de Sustancias Químicas Comercializadas)
ELINCS	European List of Notified Chemical Substances (lista europea de sustancias químicas notificadas)
EmS	Emergency Schedule (programa de emergencias)
FBC	Factor de BioConcentración
IMDG	International Maritime Dangerous Goods Code (código marítimo internacional de mercancías peligrosas)
INSHT	Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos, INSHT
MARPOL	el convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (abr. de "Marine Pollutant")
mPmB	muy persistente y muy bioacumulable
NLP	No-Longer Polymer (ex-polímero)

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Butanol ROTISOLV® ≥99,8%, UV/IR-Grade

número de artículo: 4431

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
No de índice	el número de clasificación es el código de identificación que se da a la sustancia en la parte 3 del el anexo VI del Reglamento (CE) no 1272/2008
PBT	Persistente, Bioacumulable y Tóxico
PNEC	Predicted No-Effect Concentration (concentración prevista sin efecto)
ppm	partes por millón
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (registro, evaluación, autorización y restricción de las sustancias y preparados químicos)
RID	Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses (Reglamento referente al transporte internacional por ferrocarril de mercancías peligrosas)
SGA	"Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de sustancias químicas" elaborado por Naciones Unidas
VLA	valor límite ambiental
VLA-EC	valor límite ambiental-exposición de corta duración
VLA-ED	valor límite ambiental-exposición diaria

Principales referencias bibliográficas y fuentes de datos

- Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH), modificado por 2015/830/UE
- Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP, UE SGA)

Frases pertinentes (código y texto completo como se expone en el capítulo 2 y 3)

Código	Texto
H226	líquidos y vapores inflamables
H302	nocivo en caso de ingestión
H315	provoca irritación cutánea
H318	provoca lesiones oculares graves
H335	puede irritar las vías respiratorias
H336	puede provocar somnolencia o vértigo

Cláusula de exención de responsabilidad

La información en ésta hoja de datos de seguridad corresponden al leal saber de nuestros conocimiento el día de impresión. Las informaciones deben de ser puntos de apoyo para un manejo seguro de productos mencionados en esta hoja de seguridad para el almacenamiento, elaboración, transporte y eliminación. Las indicaciones no se pueden traspasar a otros productos. Mientras el producto sea mezclado o elaborado con otros materiales, las indicaciones de esta hoja de seguridad no se pueden traspasar así al agente nuevo.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



2-Butanona $\geq 99,5\%$, para síntesis

número de artículo: **8403**

Versión: **1.0 es**

fecha de emisión: 20.04.2016

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Identificación de la sustancia	2-Butanona
Número de artículo	8403
Número de registro (REACH)	01-2119457290-43-xxxx
No de índice	606-002-00-3
Número CE	201-159-0
Número CAS	78-93-3

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados: producto químico de laboratorio

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Carl Roth GmbH + Co KG
Schoemperlenstr. 3-5
D-76185 Karlsruhe
Alemania

Teléfono: +49 (0) 721 - 56 06 0

Fax: +49 (0) 721 - 56 06 149

e-mail: sicherheit@carlroth.de

Sitio web: www.carlroth.de

Persona competente responsable de la ficha de datos de seguridad : Department Health, Safety and Environment

e-mail (persona competente) : sicherheit@carlroth.de

1.4 Teléfono de emergencia

Servicios de información para casos de emergencia

Poison Centre Munich: +49/(0)89 19240

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Clasificación según SGA			
Sección	Clase de peligro	Clase y categoría de peligro	Indicación de peligro
2.6	líquidos inflamables	(Flam. Liq. 2)	H225
3.3	lesiones oculares graves o irritación ocular	(Eye Irrit. 2)	H319
3.8D	toxicidad específica en determinados órganos - exposición única (efectos narcóticos, somnolencia)	(STOT SE 3)	H336

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



2-Butanona $\geq 99,5\%$, para síntesis

número de artículo: **8403**

Información suplementaria sobre los peligros

Código	Información suplementaria sobre los peligros
EUH066	la exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel

Observaciones

Véase el texto completo de las frases H y EUH en la SECCIÓN 16.

Los principales efectos adversos fisicoquímicos, para la salud humana y para el medio ambiente

Efectos narcóticos.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Palabra de advertencia

Peligro

Pictogramas



Indicaciones de peligro

H225	Líquido y vapores muy inflamables.
H319	Provoca irritación ocular grave.
H336	Puede provocar somnolencia o vértigo.

Consejos de prudencia

Consejos de prudencia - prevención

P210	Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.
P280	Llevar guantes/gafas de protección.

Consejos de prudencia - respuesta

P304+P340	EN CASO DE INHALACIÓN: transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración.
P305+P351+P338	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

Información suplementaria sobre los peligros

EUH066	La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.
--------	---

Etiquetado de los envases cuyo contenido no excede de 125 ml

Palabra de advertencia: **Peligro**

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



2-Butanona $\geq 99,5\%$, para síntesis

número de artículo: **8403**

Símbolo(s)



EUH066

La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.

2.3 Otros peligros

No hay información adicional.

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancias

Nombre de la sustancia	metiletilcetona
No de índice	606-002-00-3
Número de registro (REACH)	01-2119457290-43-xxxx
Número CE	201-159-0
Número CAS	78-93-3
Fórmula molecular	C_4H_8O
Masa molar	72,11 g/mol

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios



Notas generales

Quitar las prendas contaminadas.

En caso de inhalación

Proporcionar aire fresco. En caso de dificultades respiratorias o paro de respiración preparar respiración artificial. Tratamiento médico necesario.

En caso de contacto con la piel

Aclararse la piel con agua/ducharse. Use crema protectora. Si aparece malestar o en caso de duda consultar a un médico.

En caso de contacto con los ojos

Mantener separados los párpados y enjuagar con abundante agua limpia y fresca por lo menos durante 10 minutos. En caso de irritación ocular consultar al oculista.

En caso de ingestión

Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito. Peligro por aspiración. Llamar al médico inmediatamente.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



2-Butanona $\geq 99,5\%$, para síntesis

número de artículo: **8403**

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Efectos irritantes, Tos, Somnolencia, Mareos, Vértigo, Ahogos, Náuseas, Vómitos, Narcosis

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

ninguno

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Coordinar las medidas de extinción con los alrededores
agua pulverizada, espuma, polvo extinguidor seco, dióxido de carbono (CO₂)

Medios de extinción no apropiados

chorro de agua

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Combustible. Vapores pueden formar con aire una mezcla explosiva.

Productos de combustión peligrosos

En caso de incendio pueden formarse: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂)

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Los vapores son más pesados que el aire. Tener cuidado con rechazos. Luchar contra el incendio desde una distancia razonable, tomando las precauciones habituales. Llevar un aparato de respiración autónomo.

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

No respirar los vapores/aerosoles. Evitar el contacto con la piel, los ojos y la ropa. Eliminar todas las fuentes de ignición si no hay peligro en hacerlo.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Manteniendo el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.
Propiedades explosivas.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Consejos sobre la manera de contener un vertido

Cierre de desagües.

Indicaciones adecuadas sobre la manera de limpiar un vertido

Absorber con una sustancia aglutinante de líquidos (arena, harina fósil, aglutinante de ácidos, aglutinante universal).

Otras indicaciones relativas a los vertidos y las fugas

Colocar en recipientes apropiadas para su eliminación. Ventilar la zona afectada.

Referencia a otras secciones

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5. Equipo de protección personal: véase sección 8. Materiales incompatibles: véase sección 10. Consideraciones relativas a la eliminación: véase sección 13.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



2-Butanona $\geq 99,5\%$, para síntesis

número de artículo: 8403

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Usar ventilador (laboratorio). Evítese la exposición.

- **Medidas de prevención de incendios, así como las destinadas a impedir la formación de partículas en suspensión y polvo**



Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar.

Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.

Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo

No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización. Lavar las manos antes de las pausas y al fin del trabajo.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Mantener el recipiente herméticamente cerrado. Almacenar en un lugar bien ventilado.

Sustancias o mezclas incompatibles

Observe el almacenamiento compatible de productos químicos.

Atención a otras indicaciones

Conectar a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción.

• Requisitos de ventilación

Utilización de ventilación local y general.

• Diseño específico de locales o depósitos de almacenamiento

15 - 25 °C.

7.3 Usos específicos finales

No existen informaciones.

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

Valores límites nacionales

Valores límites de exposición profesional (límites de exposición en el lugar de trabajo)

País	Nombre del agente	No CAS	Identificador	VLA-ED [ppm]	VLA-ED [mg/m ³]	VLA-EC [ppm]	VLA-EC [mg/m ³]	Fuente
ES	metiletilcetona	78-93-3	VLA	200	600	300	900	INSHT
EU	etil-metil-cetona	78-93-3	IOELV	200	600	300	900	2000/39/CE

Anotación

VLA-EC Valor límite ambiental-exposición de corta duración (nivel de exposición de corta duración): valor límite a partir del cual no debe producirse ninguna exposición y que hace referencia a un periodo de 15 minutos, salvo que se disponga lo contrario

VLA-ED Valor límite ambiental-exposición diaria (límite de exposición de larga duración): tiempo medido o calculado en relación con un período de referencia de una media ponderada en el tiempo de ocho horas

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



2-Butanona $\geq 99,5\%$, para síntesis

número de artículo: **8403**

Valores límite biológicos

País	Nombre del agente	Parámetro	Identificador	Valor	Material	Fuente
ES	butanona	etil-metil-cetona	VLB	2 mg/l	orina	INSHT

DNEL/DNEL/PNEC pertinentes y otros niveles umbrales

• valores relativos a la salud humana

Parámetro	Niveles umbrales	Objetivo de protección, vía de exposición	Utilizado en	Tiempo de exposición
DNEL	1.161 mg/kg	humana, cutánea	trabajadore (industrial)	crónico - efectos sistémicos
DNEL	600 mg/m ³	humana, por inhalación	trabajadore (industrial)	crónico - efectos sistémicos

• valores medioambientales

Parámetro	Niveles umbrales	Compartimiento ambiental
PNEC	55,8 mg/cm ³	agua marina
PNEC	55,8 mg/cm ³	aire
PNEC	285 mg/cm ³	sedimentos de agua dulce
PNEC	55,8 mg/cm ³	agua dulce
PNEC	709 mg/cm ³	depuradora de aguas residuales (STP)
PNEC	22,5 mg/cm ³	suelo

8.2 Controles de exposición

Medidas de protección individual (equipo de protección personal)



Protección de los ojos/la cara

Utilizar gafas de protección con con protección a los costados.

Protección de la piel

• protección de las manos

Úsense guantes adecuados. Adecuado es un guante de protección química probado según la norma EN 374. Para usos especiales se recomienda verificar con el proveedor de los guantes de protección, la resistencia de éstos contra los productos químicos arriba mencionada.

• tipo de material

Caucho de butilo

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



2-Butanona $\geq 99,5\%$, para síntesis

número de artículo: 8403

- **espesor del material**

0,7mm.

- **tiempo de penetración del material con el que están fabricados los guantes**

>240 minutos (permeación: nivel 5)

- **otras medidas de protección**

Hacer períodos de recuperación para la regeneración de la piel. Protectores de la piel preventivos (cremas de protección/pomadas) están recomendados.

Ropa protectora de fuego.

Protección respiratoria

Protección respiratoria es necesaria para: Formación de aerosol y niebla. Tipo: A (contra gases y vapores orgánicos con un punto de ebullición de $> 65^{\circ}\text{C}$, código de color: marrón).

El tiempo límite de uso según GefStoffV en combinación con las reglas sobre el uso de aparatos respiratorios (BGR 190) se deben respetar.

Controles de exposición medioambiental

Manteniendo el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Aspecto

Estado físico	líquido (fluido)
Color	incolor
Olor	como: Acetona
Umbral olfativo	No existen datos disponibles

Otros parámetros físicos y químicos

pH (valor)	Esta información no está disponible.
Punto de fusión/punto de congelación	-86°C
Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	$79 - 80^{\circ}\text{C}$
Punto de inflamación	-8°C (vaso cerrado)
Tasa de evaporación	no existen datos disponibles
Inflamabilidad (sólido, gas)	no relevantes (fluido)
<u>Límites de explosividad</u>	
• límite inferior de explosividad (LIE)	1,5 % vol
• límite superior de explosividad (LSE)	11,5 % vol
Límites de explosividad de nubes de polvo	no relevantes
Presión de vapor	105 hPa a 20°C
Densidad	$0,81 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ a 20°C
Densidad de vapor	2,48 (aire = 1)
Densidad aparente	No es aplicable
Densidad relativa	Las informaciones sobre esta propiedad no están disponibles.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



2-Butanona $\geq 99,5\%$, para síntesis

número de artículo: **8403**

Solubilidad(es)

Hidrosolubilidad ~ 290 g/l a 20 °C

Coeficiente de reparto

n-octanol/agua (log KOW) 0,29 (exp.)
(TOXNET)

Temperatura de auto-inflamación 475 °C - (DIN 51794)

Temperatura de descomposición no existen datos disponibles

Viscosidad

• viscosidad dinámica 0,4 mPa s a 20 °C

Propiedades explosivas no se clasificará como explosivo

Propiedades comburentes ninguno

9.2 Otros datos

Grupo de gases (grupo de explosión) II B

Clase de temperatura (UE según ATEX) T1 (Temperatura de superficie máxima admisible en el equipo: 450°C)

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

riesgo de ignición. Puede formar peróxidos explosivos.

10.2 Estabilidad química

Reactividad en caso de exposición a la luz. Reactividad en caso de exposición al aire.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Reacción extotérmica con: Hidróxido alcalino (álcali cáustico), Cromo(VI)óxido, Comburentes, -
Reacciones fuertes con: Ácido nítrico, Ácido sulfúrico, concentrado, Peróxido de hidrógeno =>
Propiedades explosivas

10.4 Condiciones que deben evitarse

Luz directa. Conservar alejado del calor.

10.5 Materiales incompatibles

diferentes plásticos

10.6 Productos de descomposición peligrosos

Peróxidos.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



2-Butanona $\geq 99,5\%$, para síntesis

número de artículo: 8403

SECCIÓN 11: Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda

No se clasificará como toxicidad aguda.

Vía de exposición	Parámetro	Valor	Especie	Fuente
oral	LD50	2.740 mg/kg	rata	TOXNET
cutánea	LD50	6.480 mg/kg	conejo	TOXNET

Corrosión o irritación cutánea

No se clasificará como corrosivo/irritante para la piel.

Lesiones oculares graves o irritación ocular

Provoca irritación ocular grave.

Sensibilización respiratoria o cutánea

No se clasificará como sensibilizante respiratoria o sensibilizante cutánea.

Resumen de la evaluación de las propiedades CMR

No se clasificará como mutágeno en células germinales, carcinógeno ni tóxico para la reproducción

• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Puede provocar somnolencia o vértigo.

• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición repetida

No se clasifica como tóxico específico en determinados órganos (exposición repetida).

Peligro por aspiración

No se clasifica como peligroso en caso de aspiración.

Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas

• En caso de ingestión

náuseas, vómitos, presente un peligro por aspiración

• En caso de contacto con los ojos

Provoca irritación ocular grave

• En caso de inhalación

efectos irritantes, tos, vértigo, mareos, Molestias respiratorias, narcosis, edema pulmonar

• En caso de contacto con la piel

Contacto frecuente y continuo con la piel puede causar irritaciones de piel. riesgo de penetración cutánea

Otros datos

Otros efectos negativos: Corazón-Daños de hígado y riñones.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



2-Butanona $\geq 99,5\%$, para síntesis

número de artículo: **8403**

SECCIÓN 12: Información ecológica

12.1 Toxicidad

según 1272/2008/CE: No se clasificará como peligroso para el medio ambiente acuático.

Toxicidad acuática (aguda)

Parámetro	Valor	Especie	Tiempo de exposición
LC50	2.990 mg/l	Pimephales promelas	96 horas
EC50	308 mg/l	daphnia magna	48 horas
ErC50	1.972 mg/l	Pseudokirchneriella subcapitata	72 horas

12.2 Procesos de degradación

La sustancia es fácilmente biodegradable.

Demanda Teórica de Oxígeno: 2.440 mg/g

Dióxido de Carbono Teórico: 2,441 mg/mg

Proceso	Velocidad de degradación	Tiempo
desaparición de oxígeno	98 %	28 d

12.3 Potencial de bioacumulación

Se enriquece en organismos insignificadamente.

n-octanol/agua (log KOW) 0,29

12.4 Movilidad en el suelo

No se dispone de datos.

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

No se dispone de datos.

12.6 Otros efectos adversos

Ligeramente peligroso para el agua.

SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

13.1 Métodos para el tratamiento de residuos

Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos. Eliminar el contenido/el recipiente de conformidad con la normativa local, regional, nacional o internacional conformément à la réglementation locale/régionale/nationale/internationale.

Información pertinente para el tratamiento de las aguas residuales

No tirar los residuos por el desagüe.

Tratamiento de residuos de recipientes/embalajes

Es un residuo peligroso; solamente pueden usarse envases que han sido aprobado (p.ej. conforme a ADR).

13.2 Disposiciones sobre prevención de residuos

La coordinación de los números de clave de los residuos/marcas de residuos según CER hay que efectuarla espedífcamente de ramo y proceso.

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE




2-Butanona ≥99,5%, para síntesis

número de artículo: 8403

13.3 Observaciones

Los residuos se deben clasificar en las categorías aceptadas por los centros locales o nacionales de tratamiento de residuos. Porfavor considerar las disposiciones nacionales o regionales pertinentes.

SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

14.1	Número ONU	1193
14.2	Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	ETILMETILCETONA
	Componentes peligrosos	2-Butanona
14.3	Clase(s) de peligro para el transporte	
	Clase	3 (líquidos inflamables)
14.4	Grupo de embalaje	II (materia medianamente peligrosa)
14.5	Peligros para el medio ambiente	ninguno (no peligroso para el medio ambiente conforme al reglamento para el transporte de mercancías peligrosas)
14.6	Precauciones particulares para los usuarios Las disposiciones concernientes a las mercancías peligrosas (ADR) se deben cumplir dentro de las instalaciones.	
14.7	Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL y del Código IBC El transporte a granel de la mercancía no esta previsto.	
14.8	Información para cada uno de los Reglamentos tipo de las Naciones Unidas • Transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable (ADR/RID/ADN)	
	Número ONU	1193
	Designación oficial	ETILMETILCETONA
	Menciones en la carta de porte	UN1193, ETILMETILCETONA, 3, II, (D/E)
	Clase	3
	Código de clasificación	F1
	Grupo de embalaje	II
	Etiqueta(s) de peligro	3
		
	Cantidades exeptuadas (EQ)	E2
	Cantidades limitadas (LQ)	1 L
	Categoría di transporte (CT)	2
	Código de restricciones en túneles (CRT)	D/E
	Número de identificación de peligro	33

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



2-Butanona $\geq 99,5\%$, para síntesis

número de artículo: **8403**

• Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG)

Número ONU	1193
Designación oficial	ETHYL METHYL KETONE
Designaciones indicadas en la declaración del expedidor (shipper's declaration)	UN1193, ETILMETILCETONA, 3, II, -8°C c.c.
Clase	3
Grupo de embalaje	II
Etiqueta(s) de peligro	3



Disposiciones especiales (DS)	-
Cantidades exemptuadas (EQ)	E2
Cantidades limitadas (LQ)	1 L
EmS	F-E, S-D
Categoría de estiba (stowage category)	B

SECCIÓN 15: Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Disposiciones pertinentes de la Unión Europea (UE)

• Reglamento 649/2012/UE relativo a la exportación e importación de productos químicos peligrosos (PIC)

No incluido en la lista.

• Reglamento 1005/2009/CE sobre las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)

No incluido en la lista.

• Reglamento 850/2004/CE sobre contaminantes orgánicos persistentes (POP)

No incluido en la lista.

• Restricciones conforme a REACH, Anexo XVII

no incluido en la lista

• Lista de sustancias sujetas a autorización (REACH, Anexo XIV)

no incluido en la lista

• Directiva Seveso

2012/18/UE (Seveso III)

No	Sustancia peligrosa/categorías de peligro	Cantidades umbral (en toneladas) de aplicación de los requisitos de nivel inferior e superior		Notas
P5c	líquidos inflamables (cat. 2, 3)	5.000	50.000	51)

Anotación

51) Líquidos inflamables de las categorías 2 o 3 no comprendidos en P5a y P5b

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



2-Butanona $\geq 99,5\%$, para síntesis

número de artículo: **8403**

• **Limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas pinturas y barnices y en los productos de renovación del acabado de vehículo (2004/42/CE, Directiva Decopaint)**

Contenido de COV 100 %

• **Directiva sobre emisiones industriales (COVs, 2010/75/UE)**

Contenido de COV 100 %

Directiva 2011/65/UE sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RoHS) - Anexo II

no incluido en la lista

Reglamento 166/2006/CE relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y transferencias de contaminantes (PRTR)

no incluido en la lista

Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas

no incluido en la lista

Catálogos nacionales

La sustancia es enumerada en los siguientes inventarios nacionales:

- EINECS/ELINCS/NLP (Europa)
- REACH (Europa)

15.2 Evaluación de la seguridad química

No se ha realizado una evaluación de la seguridad química de esta sustancia.

SECCIÓN 16: Otra información

Abreviaturas y los acrónimos

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
2000/39/CE	Directiva de la Comisión por la que se establece una primera lista de valores límite de exposición profesional indicativos en aplicación de la Directiva 98/24/CE del Consejo
ADN	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Vías Navegables Interiores)
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera)
CAS	Chemical Abstracts Service (número identificador único carente de significado químico)
CLP	Reglamento (CE) no 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado (Classification, Labelling and Packaging) de sustancias y mezclas
CMR	Carcinógeno, Mutágeno o tóxico para la Reproducción
COV	compuestos orgánicos volátiles
DMEL	Derived Minimal Effect Level (nivel derivado con efecto mínimo)
DNEL	Derived No-Effect Level (nivel sin efecto derivado)
EINECS	European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (Catálogo Europeo de Sustancias Químicas Comercializadas)
ELINCS	European List of Notified Chemical Substances (lista europea de sustancias químicas notificadas)
EmS	Emergency Schedule (programa de emergencias)
IMDG	International Maritime Dangerous Goods Code (código marítimo internacional de mercancías peligrosas)
INSHT	Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos, INSHT

ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



2-Butanona $\geq 99,5\%$, para síntesis

número de artículo: **8403**

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
IOELV	valore límite de exposición profesional indicativo
MARPOL	el convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (abr. de "Marine Pollutant")
mPmB	muy persistente y muy bioacumulable
NLP	No-Longer Polymer (ex-polímero)
No de índice	el número de clasificación es el código de identificación que se da a la sustancia en la parte 3 del el anexo VI del Reglamento (CE) no 1272/2008
PBT	Persistente, Bioacumulable y Tóxico
PNEC	Predicted No-Effect Concentration (concentración prevista sin efecto)
ppm	partes por millón
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (registro, evaluación, autorización y restricción de las sustancias y preparados químicos)
RID	Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses (Reglamento referente al transporte internacional por ferrocarril de mercancías peligrosas)
SGA	"Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de sustancias químicas" elaborado por Naciones Unidas
VLA	valor límite ambiental
VLA-EC	valor límite ambiental-exposición de corta duración
VLA-ED	valor límite ambiental-exposición diaria

Principales referencias bibliográficas y fuentes de datos

- Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH), modificado por 2015/830/UE
- Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP, UE SGA)

Frases pertinentes (código y texto completo como se expone en el capítulo 2 y 3)

Código	Texto
H225	líquido y vapores muy inflamables
H319	provoca irritación ocular grave
H336	puede provocar somnolencia o vértigo

Cláusula de exención de responsabilidad

La información en ésta hoja de datos de seguridad corresponden al leal saber de nuestros conocimiento el día de impresión. Las informaciones deben de ser puntos de apoyo para un manejo seguro de productos mencionados en esta hoja de seguridad para el almacenamiento, elaboración, transporte y eliminación. Las indicaciones no se pueden traspasar a otros productos. Mientras el producto sea mezclado o elaborado con otros materiales, las indicaciones de esta hoja de seguridad no se pueden traspasar así al agente nuevo.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Ciclohexanona ROTICHROM® GC

número de artículo: **4353**

Versión: **1.0 es**

fecha de emisión: 16.03.2017

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Identificación de la sustancia	Ciclohexanona
Número de artículo	4353
Número de registro (REACH)	01-2119453616-35-xxxx
No de índice	606-010-00-7
Número CE	203-631-1
Número CAS	108-94-1

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados: producto químico de laboratorio

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Carl Roth GmbH + Co KG
Schoemperlenstr. 3-5
D-76185 Karlsruhe
Alemania

Teléfono: +49 (0) 721 - 56 06 0

Fax: +49 (0) 721 - 56 06 149

e-mail: sicherheit@carlroth.de

Sitio web: www.carlroth.de

Persona competente responsable de la ficha de datos de seguridad : Department Health, Safety and Environment

e-mail (persona competente) : sicherheit@carlroth.de

1.4 Teléfono de emergencia

Servicios de información para casos de emergencia **Poison Centre Munich: +49/(0)89 19240**

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Clasificación según SGA			
Sección	Clase de peligro	Clase y categoría de peligro	Indicación de peligro
2.6	líquidos inflamables	(Flam. Liq. 3)	H226
3.10	toxicidad aguda (oral)	(Acute Tox. 4)	H302
3.1D	toxicidad aguda (cutánea)	(Acute Tox. 4)	H312
3.1I	toxicidad aguda (por inhalación)	(Acute Tox. 4)	H332
3.2	corrosión o irritación cutáneas	(Skin Irrit. 2)	H315
3.3	lesiones oculares graves o irritación ocular	(Eye Dam. 1)	H318

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Ciclohexanona ROTICHROM® GC

número de artículo: 4353

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Palabra de advertencia

Peligro

Pictogramas



Indicaciones de peligro

H226	Líquidos y vapores inflamables
H302+H312+H332	Nocivo en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación
H315	Provoca irritación cutánea
H318	Provoca lesiones oculares graves

Consejos de prudencia

Consejos de prudencia - prevención

P210	Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas. No fumar.
P260	No respirar la niebla/los vapores.
P280	Llevar guantes/gafas de protección.

Consejos de prudencia - respuesta

P302+P352	EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: lavar con abundante agua.
P305+P351+P338	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.
P310	Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico.

Etiquetado de los envases cuyo contenido no excede de 125 ml

Palabra de advertencia: **Peligro**

Símbolo(s)



H318	Provoca lesiones oculares graves.
P280	Llevar guantes/gafas de protección.
P305+P351+P338	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.
P310	Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico.

2.3 Otros peligros

No hay información adicional.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Ciclohexanona ROTICHROM® GC

número de artículo: 4353

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancias

Nombre de la sustancia	Ciclohexanona
No de índice	606-010-00-7
Número de registro (REACH)	01-2119453616-35-xxxx
Número CE	203-631-1
Número CAS	108-94-1
Fórmula molecular	$C_6H_{10}O$
Masa molar	98,15 g/mol

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios



Notas generales

Quitar las prendas contaminadas.

En caso de inhalación

Proporcionar aire fresco. En caso de respiración irregular o de paro respiratorio, buscar asistencia médica inmediatamente y disponerse a tomar medidas de primeros auxilios.

En caso de contacto con la piel

Aclararse la piel con agua/ ducharse. En caso de irritaciones cutáneas, consultar a un dermatólogo.

En caso de contacto con los ojos

En caso de contacto con los ojos aclarar inmediatamente los ojos abiertos bajo agua corriente durante 10 o 15 minutos y consultar al oftalmólogo.

En caso de ingestión

Enjuáguese la boca con agua (solamente si la persona está consciente). Llamar a un médico.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Irritación, Cefalea, Trastornos gastrointestinales, Vértigo, Náuseas, Vómitos, Ahogos, Riesgo de lesiones oculares graves

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

ninguno

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Ciclohexanona ROTICHROM® GC

número de artículo: 4353

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Coordinar las medidas de extinción con los alrededores
agua pulverizada, espuma, polvo extinguidor seco, dióxido de carbono (CO₂)

Medios de extinción no apropiados

chorro de agua

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Combustible. Vapores pueden formar con aire una mezcla explosiva.

Productos de combustión peligrosos

En caso de incendio pueden formarse: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂)

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Los vapores son más pesados que el aire. Luchar contra el incendio desde una distancia razonable, tomando las precauciones habituales. Llevar un aparato de respiración autónomo.

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

No respirar los vapores/aerosoles. Evítese el contacto con los ojos y la piel. Prevención de las fuentes de ignición.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Manteniendo el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.
Propiedades explosivas.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Consejos sobre la manera de contener un vertido

Cierre de desagües.

Indicaciones adecuadas sobre la manera de limpiar un vertido

Absorber con una sustancia aglutinante de líquidos (arena, harina fósil, aglutinante de ácidos, aglutinante universal).

Otras indicaciones relativas a los vertidos y las fugas

Colocar en recipientes apropiadas para su eliminación. Ventilar la zona afectada.

6.4 Referencia a otras secciones

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5. Equipo de protección personal: véase sección 8. Materiales incompatibles: véase sección 10. Consideraciones relativas a la eliminación: véase sección 13.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Ciclohexanona ROTICHROM® GC

número de artículo: 4353

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Ventilar suficiente y aspiración puntual en puntos críticos. Evítese la exposición. Manipúlese y ábrase el recipiente con prudencia. Mantenga el envase bien cerrado cuando no lo use.

• **Medidas de prevención de incendios, así como las destinadas a impedir la formación de partículas en suspensión y polvo**



Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar.

Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.

Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo

Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos. Lavar las manos antes de las pausas y al fin del trabajo. No fumar durante su utilización.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Consérvese el recipiente bien cerrado y en lugar fresco.

Sustancias o mezclas incompatibles

Observe el almacenamiento compatible de productos químicos.

Atención a otras indicaciones

Conectar a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción.

• Requisitos de ventilación

Utilización de ventilación local y general.

• Diseño específico de locales o depósitos de almacenamiento

Temperatura de almacenaje recomendada: 4 °C.

7.3 Usos específicos finales

No existen informaciones.

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

Valores límites nacionales

Valores límites de exposición profesional (límites de exposición en el lugar de trabajo)

País	Nombre del agente	No CAS	Anotación	Identificador	VLA-ED [ppm]	VLA-ED [mg/m ³]	VLA-EC [ppm]	VLA-EC [mg/m ³]	Fuente
ES	ciclohexanona	108-94-1		VLA	10	41	20	82	INSHT
EU	ciclohexanona	108-94-1		IOELV	10	40,8	20	81,6	2000/39/CE

Anotación

VLA-EC Valor límite ambiental-exposición de corta duración (nivel de exposición de corta duración): valor límite a partir del cual no debe producirse ninguna exposición y que hace referencia a un periodo de 15 minutos, salvo que se disponga lo contrario

VLA-ED Valor límite ambiental-exposición diaria (límite de exposición de larga duración): tiempo medido o calculado en relación con un período de referencia de una media ponderada en el tiempo de ocho horas

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Ciclohexanona ROTICHROM® GC

número de artículo: 4353

Valores límite biológicos

País	Nombre del agente	Parámetro	Anotación	Identificador	Valor	Material	Fuente
ES	ciclohexanona	ciclohexanol		VLB	8 mg/l	orina	INSHT
ES	ciclohexanona	1,2-cyclohexanediol	hydr	VLB	80 mg/l	orina	INSHT

Anotación
hydr Hidrólisis

DNEL/DNEL/PNEC pertinentes y otros niveles umbrales

• valores relativos a la salud humana

Parámetro	Niveles umbrales	Objetivo de protección, vía de exposición	Utilizado en	Tiempo de exposición
DNEL	20 mg/kg	humana, cutánea	trabajador (industria)	crónico - efectos sistémicos
DNEL	20 mg/m ³	humana, por inhalación	trabajador (industria)	crónico - efectos locales
DNEL	20 mg/m ³	humana, por inhalación	trabajador (industria)	crónico - efectos sistémicos

• valores medioambientales

Parámetro	Niveles umbrales	Compartimiento ambiental
PNEC	0,0329 mg/cm ³	agua marina
PNEC	0,0951 mg/cm ³	sedimentos de agua dulce
PNEC	0,0329 mg/cm ³	agua dulce
PNEC	0,0143 mg/cm ³	suelo

8.2 Controles de exposición

Medidas de protección individual (equipo de protección personal)



Protección de los ojos/la cara

Utilizar gafas de protección con con protección a los costados.

Protección de la piel

• protección de las manos

Úsense guantes adecuados. Adecuado es un guante de protección química probado según la norma EN 374. Para usos especiales se recomienda verificar con el proveedor de los guantes de protección, sobre la resistencia de éstos contra los productos químicos arriba mencionados.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Ciclohexanona ROTICHROM® GC

número de artículo: 4353

- **tipo de material**

Caucho de butilo

- **espesor del material**

0,7mm

- **tiempo de penetración del material con el que están fabricados los guantes**

>480 minutos (permeación: nivel 6)

- **otras medidas de protección**

Hacer períodos de recuperación para la regeneración de la piel. Están recomendados los protectores de piel preventivos (cremas de protección/pomadas).

Protección respiratoria

Protección respiratoria es necesaria para: Formación de aerosol y niebla. Tipo: A (contra gases y vapores orgánicos con un punto de ebullición de > 65°C, código de color: marrón).

Controles de exposición medioambiental

Manteniendo el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Aspecto

Estado físico	líquido (fluido)
Color	incolor
Olor	como a alcanfor
Umbral olfativo	No existen datos disponibles

Otros parámetros físicos y químicos

pH (valor)	7 (70 g/l, 20 °C)
Punto de fusión/punto de congelación	-31 - -26 °C
Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	153 - 156 °C a 1.013 hPa
Punto de inflamación	44 °C (vaso cerrado)
Tasa de evaporación	no existen datos disponibles
Inflamabilidad (sólido, gas)	no relevantes (fluido)

Límites de explosividad

• límite inferior de explosividad (LIE)	1,3 % vol
• límite superior de explosividad (LSE)	9,4 % vol
Límites de explosividad de nubes de polvo	no relevantes
Presión de vapor	4 - 5 hPa a 20 °C
Densidad	0,95 g/cm³ a 20 °C
Densidad de vapor	3,39 (aire = 1)
Densidad aparente	No es aplicable
Densidad relativa	Las informaciones sobre esta propiedad no están disponibles.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Ciclohexanona ROTICHROM® GC

número de artículo: 4353

Solubilidad(es)

Hidrosolubilidad 90 g/l a 20 °C

Coeficiente de reparto

n-octanol/agua (log KOW) 0,81 (exp. TOXNET)

Carbono orgánico en el suelo/agua (log KOC) 1,181 (ECHA)

Temperatura de auto-inflamación 430 °C - (DIN 51794)

Temperatura de descomposición no existen datos disponibles

Viscosidad

• viscosidad dinámica 2,2 mPa s a 20 °C

Propiedades explosivas No se clasificará como explosiva

Propiedades comburentes ninguno

9.2 Otros datos

Índice de refracción 1,452

Clase de temperatura (UE según ATEX) T2 (Temperatura de superficie máxima admisible en el equipo: 300°C)

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

Riesgo de ignición. Calentando: Vapores pueden formar con aire una mezcla explosiva.

10.2 Estabilidad química

El material es estable bajo condiciones ambientales normales y en condiciones previsibles de temperatura y presión durante su almacenamiento y manipulación.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Reacciones fuertes con: Comburentes, Ácidos minerales, Peróxido de hidrógeno, Ácido nítrico,
=> Propiedades explosivas

10.4 Condiciones que deben evitarse

Conservar alejado del calor.

10.5 Materiales incompatibles

No hay información adicional.

10.6 Productos de descomposición peligrosos

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Ciclohexanona ROTICHROM® GC

número de artículo: 4353

SECCIÓN 11: Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda

Vía de exposición	Parámetro	Valor	Especie	Fuente
oral	LD50	1.540 mg/kg	rata	TOXNET
cutánea	LD50	1.977 mg/kg	conejo	
inhalación: vapores	LC50	32 mg/l/4h	rata	GESTIS

Corrosión o irritación cutánea

Provoca irritación cutánea.

Lesiones oculares graves o irritación ocular

Provoca lesiones oculares graves.

Sensibilización respiratoria o cutánea

No se clasificará como sensibilizante respiratoria o sensibilizante cutánea.

Resumen de la evaluación de las propiedades CMR

No se clasificará como mutágeno en células germinales, carcinógeno ni tóxico para la reproducción

• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

No se clasifica como tóxico específico en determinados órganos (exposición única).

• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición repetida

No se clasifica como tóxico específico en determinados órganos (exposición repetida).

Peligro por aspiración

No se clasifica como peligroso en caso de aspiración.

Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas

• En caso de ingestión

trastornos gastrointestinales, vómitos, náuseas

• En caso de contacto con los ojos

Provoca lesiones oculares graves, peligro de ceguera

• En caso de inhalación

dificultades respiratorias, Ahogos

• En caso de contacto con la piel

provoca irritación cutánea, riesgo de penetración cutánea

Otros datos

Otros efectos adversos: Cefalea, Vértigo, Pérdida de conciencia

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Ciclohexanona ROTICHROM® GC

número de artículo: 4353

SECCIÓN 12: Información ecológica

12.1 Toxicidad

según 1272/2008/CE: No se clasificará como peligroso para el medio ambiente acuático.

Toxicidad acuática (aguda)

Parámetro	Valor	Especie	Fuente	Tiempo de exposición
LC50	527 - 732 mg/l	Pimephales promelas	ECHA	96 h

Toxicidad acuática (crónica)

Parámetro	Valor	Especie	Fuente	Tiempo de exposición
EC50	>1.000 mg/l	microorganismos	ECHA	30 min

12.2 Procesos de degradación

La sustancia es fácilmente biodegradable.

Demanda Teórica de Oxígeno: 2,608 g/g

Dióxido de Carbono Teórico: 2,69 mg/mg

Proceso	Velocidad de degradación	Tiempo
biótico/abiótico	87 %	14 d

12.3 Potencial de bioacumulación

Se enriquece en organismos insignificadamente.

n-octanol/agua (log KOW) 0,81

12.4 Movilidad en el suelo

Constante de la ley de Henry 1,21 Pa m³/mol a 25 °C

El coeficiente de adsorción normalizado para tener en cuenta el carbono orgánico 1,181

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

No se dispone de datos.

12.6 Otros efectos adversos

No se dispone de datos.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Ciclohexanona ROTICHROM® GC

número de artículo: 4353

SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

13.1 Métodos para el tratamiento de residuos

Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos. Eliminar el contenido/el recipiente de conformidad con la normativa local, regional, nacional o internacional.

Información pertinente para el tratamiento de las aguas residuales

No tirar los residuos por el desagüe.

Tratamiento de residuos de recipientes/embalajes

Es un residuo peligroso; solamente pueden usarse envases que han sido aprobado (p.ej. conforme a ADR).

13.2 Disposiciones sobre prevención de residuos

La coordinación de los números de clave de los residuos/marcas de residuos según CER hay que efectuarla espedífcamente de ramo y proceso.

13.3 Observaciones

Los residuos se deben clasificar en las categorías aceptadas por los centros locales o nacionales de tratamiento de residuos. Por favor considerar las disposiciones nacionales o regionales pertinentes.

SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

14.1	Número ONU	1915
14.2	Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	CICLOHEXANONA
	Componentes peligrosos	Ciclohexanona
14.3	Clase(s) de peligro para el transporte	
	Clase	3 (líquidos inflamables)
14.4	Grupo de embalaje	III (materia que presenta un grado menor de peligrosidad)
14.5	Peligros para el medio ambiente	ninguno (no peligroso para el medio ambiente conforme al reglamento para el transporte de mercancías peligrosas)
14.6	Precauciones particulares para los usuarios	
	Las disposiciones concernientes a las mercancías peligrosas (ADR) se deben cumplir dentro de las instalaciones.	
14.7	Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL y del Código IBC	
	El transporte a granel de la mercancía no esta previsto.	
14.8	Información para cada uno de los Reglamentos tipo de las Naciones Unidas	
	• Transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable (ADR/RID/ADN)	
	Número ONU	1915
	Designación oficial	CICLOHEXANONA
	Menciones en la carta de porte	UN1915, CICLOHEXANONA, 3, III, (D/E)
	Clase	3
	Código de clasificación	F1
	Grupo de embalaje	III
	Etiqueta(s) de peligro	3

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Ciclohexanona ROTICHROM® GC

número de artículo: 4353



Cantidades exemptuadas (EQ)	E1
Cantidades limitadas (LQ)	5 L
Categoría di transporte (CT)	3
Código de restricciones en túneles (CRT)	D/E
Número de identificación de peligro	30

• Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG)

Número ONU	1915
Designación oficial	CYCLOHEXANONE
Designaciones indicadas en la declaración del expedidor (shipper's declaration)	UN1915, CICLOHEXANONA, 3, III, 44°C c.c.
Clase	3
Grupo de embalaje	III
Etiqueta(s) de peligro	3



Disposiciones especiales (DS)	-
Cantidades exemptuadas (EQ)	E1
Cantidades limitadas (LQ)	5 L
EmS	F-E, S-D
Categoría de estiba (stowage category)	A

• Organización de Aviación Civil Internacional (OACI-IATA/DGR)

Número ONU	1915
Designación oficial	Ciclohexanona
Designaciones indicadas en la declaración del expedidor (shipper's declaration)	UN1915, Ciclohexanona, 3, III
Clase	3
Grupo de embalaje	III
Etiqueta(s) de peligro	3



Cantidades exemptuadas (EQ)	E1
Cantidades limitadas (LQ)	10 L

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Ciclohexanona ROTICHROM® GC

número de artículo: 4353

SECCIÓN 15: Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Disposiciones pertinentes de la Unión Europea (UE)

- **Reglamento 649/2012/UE relativo a la exportación e importación de productos químicos peligrosos (PIC)**

No incluido en la lista.

- **Reglamento 1005/2009/CE sobre las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)**

No incluido en la lista.

- **Reglamento 850/2004/CE sobre contaminantes orgánicos persistentes (POP)**

No incluido en la lista.

- **Restricciones conforme a REACH, Anexo XVII**

Nombre de la sustancia	%M	Tipo de registro	No
Ciclohexanona	100	1907/2006/EC anexo XVII	3
Ciclohexanona	100	1907/2006/EC anexo XVII	40

- **Lista de sustancias sujetas a autorización (REACH, Anexo XIV)**

no incluido en la lista

- **Directiva Seveso**

2012/18/UE (Seveso III)			
No	Sustancia peligrosa/categorías de peligro	Cantidades umbral (en toneladas) de aplicación de los requisitos de nivel inferior e superior	Notas
P5c	líquidos inflamables (cat. 2, 3)	5.000 50.000	51)

Anotación

51) Líquidos inflamables de las categorías 2 o 3 no comprendidos en P5a y P5b

- **Limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas pinturas y barnices y en los productos de renovación del acabado de vehículo (2004/42/CE, Directiva Decopaint)**

Contenido de COV 100 %

- **Directiva sobre emisiones industriales (COVs, 2010/75/UE)**

Contenido de COV 100 %

- **Directiva 2011/65/UE sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RoHS) - Anexo II**

no incluido en la lista

- **Reglamento 166/2006/CE relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y transferencias de contaminantes (PRTR)**

no incluido en la lista

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Ciclohexanona ROTICHROM® GC

número de artículo: 4353

Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas
no incluido en la lista

Catálogos nacionales

La sustancia es enumerada en los siguientes inventarios nacionales:

- EINECS/ELINCS/NLP (Europa)
- DSL/NDSL (Canadá)
- REACH (Europa)
- Toxic Substance Control Act (TSCA)

15.2 Evaluación de la seguridad química

No se ha realizado una evaluación de la seguridad química de esta sustancia.

SECCIÓN 16: Otra información

Abreviaturas y los acrónimos

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
2000/39/CE	Directiva de la Comisión por la que se establece una primera lista de valores límite de exposición profesional indicativos en aplicación de la Directiva 98/24/CE del Consejo
ADN	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Vías Navegables Interiores)
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera)
CAS	Chemical Abstracts Service (número identificador único carente de significado químico)
CLP	Reglamento (CE) no 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado (Classification, Labelling and Packaging) de sustancias y mezclas
CMR	Carcinógeno, Mutágeno o tóxico para la Reproducción
COV	compuestos orgánicos volátiles
DGR	Dangerous Goods Regulations (reglamento para el transporte de mercancías peligrosas, véase IATA/DGR)
DMEL	Derived Minimal Effect Level (nivel derivado con efecto mínimo)
DNEL	Derived No-Effect Level (nivel sin efecto derivado)
EINECS	European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (catálogo europeo de sustancias químicas comercializadas)
ELINCS	European List of Notified Chemical Substances (lista europea de sustancias químicas notificadas)
EmS	Emergency Schedule (programa de emergencias)
IATA	Asociación Internacional de Transporte Aéreo
IATA/DGR	Dangerous Goods Regulations (DGR) for the air transport (IATA) (Reglamento para el transporte de mercancías peligrosas por aire)
IMDG	International Maritime Dangerous Goods Code (código marítimo internacional de mercancías peligrosas)
INSHT	Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos, INSHT
IOELV	valor límite de exposición profesional indicativo
MARPOL	el convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (abr. de "Marine Pollutant")
mPmB	muy persistente y muy bioacumulable
NLP	No-Longer Polymer (ex-polímero)

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Ciclohexanona ROTICHROM® GC

número de artículo: 4353

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
No de índice	el número de clasificación es el código de identificación que se da a la sustancia en la parte 3 del el anexo VI del Reglamento (CE) no 1272/2008
OACI	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
PBT	Persistente, Bioacumulable y Tóxico
PNEC	Predicted No-Effect Concentration (concentración prevista sin efecto)
ppm	partes por millón
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (registro, evaluación, autorización y restricción de las sustancias y preparados químicos ⁹)
RID	Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses (Reglamento referente al transporte internacional por ferrocarril de mercancías peligrosas)
SGA	"Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de sustancias químicas" elaborado por Naciones Unidas
VLA	valor límite ambiental
VLA-EC	valor límite ambiental-exposición de corta duración
VLA-ED	valor límite ambiental-exposición diaria

Principales referencias bibliográficas y fuentes de datos

- Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH), modificado por 2015/830/UE
- Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP, UE SGA)
- Dangerous Goods Regulations (DGR) for the air transport (IATA) (Reglamento para el transporte de mercancías peligrosas por aire)
- Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG)

Frases pertinentes (código y texto completo como se expone en el capítulo 2 y 3)

Código	Texto
H226	líquidos y vapores inflamables
H302	nocivo en caso de ingestión
H312	nocivo en contacto con la piel
H315	provoca irritación cutánea
H318	provoca lesiones oculares graves
H332	nocivo en caso de inhalación

Cláusula de exención de responsabilidad

La información en ésta hoja de datos de seguridad corresponden al leal saber de nuestros conocimiento el día de impresión. Las informaciones deben de ser puntos de apoyo para un manejo seguro de productos mencionados en esta hoja de seguridad para el almacenamiento, elaboración, transporte y eliminación. Las indicaciones no se pueden traspasar a otros productos. Mientras el producto sea mezclado o elaborado con otros materiales, las indicaciones de esta hoja de seguridad no se pueden traspasar así al agente nuevo.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Hexanol \geq 98%, para síntesis

número de artículo: **3847**

Versión: **1.0 es**

fecha de emisión: 27.02.2017

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Identificación de la sustancia	1-Hexanol
Número de artículo	3847
Número de registro (REACH)	01-2119487967-12-XXXX
No de índice	603-059-00-6
Número CE	203-852-3
Número CAS	111-27-3

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados: producto químico de laboratorio

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Carl Roth GmbH + Co KG
Schoemperlenstr. 3-5
D-76185 Karlsruhe
Alemania

Teléfono: +49 (0) 721 - 56 06 0

Fax: +49 (0) 721 - 56 06 149

e-mail: sicherheit@carlroth.de

Sitio web: www.carlroth.de

Persona competente responsable de la ficha de datos de seguridad : Department Health, Safety and Environment

e-mail (persona competente) : sicherheit@carlroth.de

1.4 Teléfono de emergencia

Servicios de información para casos de emergencia **Poison Centre Munich: +49/(0)89 19240**

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Clasificación según SGA			
Sección	Clase de peligro	Clase y categoría de peligro	Indicación de peligro
2.6	líquidos inflamables	(Flam. Liq. 3)	H226
3.10	toxicidad aguda (oral)	(Acute Tox. 4)	H302
3.3	lesiones oculares graves o irritación ocular	(Eye Irrit. 2)	H319

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Hexanol $\geq 98\%$, para síntesis

número de artículo: **3847**

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Palabra de advertencia

Atención

Pictogramas



Indicaciones de peligro

H226	Líquidos y vapores inflamables
H302	Nocivo en caso de ingestión
H319	Provoca irritación ocular grave

Consejos de prudencia

Consejos de prudencia - prevención

P210	Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas. No fumar.
P280	Llevar guantes/gafas de protección.

Consejos de prudencia - respuesta

P305+P351+P338	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.
----------------	--

Etiquetado de los envases cuyo contenido no excede de 125 ml

Palabra de advertencia: **Atención**

Símbolo(s)



2.3 Otros peligros

No hay información adicional.

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancias

Nombre de la sustancia	1-Hexanol
No de índice	603-059-00-6
Número de registro (REACH)	01-2119487967-12-XXXX
Número CE	203-852-3
Número CAS	111-27-3
Fórmula molecular	$C_6H_{14}O$
Masa molar	102,2 g/mol

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Hexanol $\geq 98\%$, para síntesis

número de artículo: **3847**

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios



Notas generales

Quitar las prendas contaminadas.

En caso de inhalación

Proporcionar aire fresco. Si aparece malestar o en caso de duda consultar a un médico.

En caso de contacto con la piel

Aclararse la piel con agua/ducharse. Si aparece malestar o en caso de duda consultar a un médico.

En caso de contacto con los ojos

Mantener separados los párpados y enjuagar con abundante agua limpia y fresca por lo menos durante 10 minutos. En caso de irritación ocular consultar al oculista.

En caso de ingestión

Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito. Peligro por aspiración. Llamar al médico inmediatamente.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Irritación, Tos, Cefalea, Náuseas, Vómitos, Diarrea, Pérdida de conciencia

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

ninguno

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Coordinar las medidas de extinción con los alrededores
agua pulverizada, espuma, espuma resistente al alcohol, polvo extinguidor seco, dióxido de carbono (CO₂)

Medios de extinción no apropiados

chorro de agua

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Combustible. Vapores pueden formar con aire una mezcla explosiva.

Productos de combustión peligrosos

En caso de incendio pueden formarse: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂)

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Los vapores son más pesados que el aire. Luchar contra el incendio desde una distancia razonable, tomando las precauciones habituales. Llevar un aparato de respiración autónomo.

1-Hexanol $\geq 98\%$, para síntesis

número de artículo: **3847**

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

No respirar los vapores/aerosoles. Evítese el contacto con los ojos. Prevención de las fuentes de ignición.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Manteniendo el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas. Propiedades explosivas.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Consejos sobre la manera de contener un vertido

Cierre de desagües.

Indicaciones adecuadas sobre la manera de limpiar un vertido

Absorber con una sustancia aglutinante de líquidos (arena, harina fósil, aglutinante de ácidos, aglutinante universal).

Otras indicaciones relativas a los vertidos y las fugas

Colocar en recipientes apropiadas para su eliminación. Ventilar la zona afectada.

6.4 Referencia a otras secciones

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5. Equipo de protección personal: véase sección 8. Materiales incompatibles: véase sección 10. Consideraciones relativas a la eliminación: véase sección 13.

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Asegurar una ventilación adecuada. Mantenga el envase bien cerrado cuando no lo use.

• **Medidas de prevención de incendios, así como las destinadas a impedir la formación de partículas en suspensión y polvo**



Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar.

Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.

Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo

Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos. No fumar durante su utilización. Lavar las manos antes de las pausas y al fin del trabajo.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente.

Sustancias o mezclas incompatibles

Observe el almacenamiento compatible de productos químicos.

Atención a otras indicaciones

No es necesario.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Hexanol $\geq 98\%$, para síntesis

número de artículo: 3847

- **Requisitos de ventilación**

Utilización de ventilación local y general.

- **Diseño específico de locales o depósitos de almacenamiento**

Temperatura de almacenaje recomendada: 15 - 25 °C.

7.3 Usos específicos finales

No existen informaciones.

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

Valores límites nacionales

Valores límites de exposición profesional (límites de exposición en el lugar de trabajo)

No se dispone de datos.

DNEL/DMEL/PNEC pertinentes y otros niveles umbrales

- **valores relativos a la salud humana**

Parámetro	Niveles umbrales	Objetivo de protección, vía de exposición	Utilizado en	Tiempo de exposición
DNEL	220 mg/m ³	humana, por inhalación	trabajador (industria)	agudo - efectos sistémicos
DNEL	125 mg/kg	humana, cutánea	trabajador (industria)	crónico - efectos sistémicos
DNEL	125 mg/kg	humana, cutánea	trabajador (industria)	agudo - efectos sistémicos
DNEL	220 mg/m ³	humana, por inhalación	trabajador (industria)	crónico - efectos sistémicos

- **valores medioambientales**

Parámetro	Niveles umbrales	Compartimiento ambiental
PNEC	0,5 mg/cm ³	sedimentos marinos
PNEC	0,256 mg/cm ³	agua marina
PNEC	5,08 mg/cm ³	sedimentos de agua dulce
PNEC	2,6 mg/cm ³	agua dulce
PNEC	63,2 mg/cm ³	depuradora de aguas residuales (STP)
PNEC	2,8 mg/cm ³	suelo

8.2 Controles de exposición

Medidas de protección individual (equipo de protección personal)



Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Hexanol $\geq 98\%$, para síntesis

número de artículo: 3847

Protección de los ojos/la cara

Utilizar gafas de protección con con protección a los costados.

Protección de la piel

• protección de las manos

Úsense guantes adecuados. Adecuado es un guante de protección química probado según la norma EN 374. Para usos especiales se recomienda verificar con el proveedor de los guantes de protección, sobre la resistencia de éstos contra los productos químicos arriba mencionados.

• tipo de material

NBR (Goma de nitrilo)

• espesor del material

0,4 mm

• tiempo de penetración del material con el que están fabricados los guantes

>480 minutos (permeación: nivel 6)

• otras medidas de protección

Hacer períodos de recuperación para la regeneración de la piel. Están recomendados los protectores de piel preventivos (cremas de protección/pomadas).

Protección respiratoria

Protección respiratoria es necesaria para: Formación de aerosol y niebla. Tipo: A (contra gases y vapores orgánicos con un punto de ebullición de $> 65^{\circ}\text{C}$, código de color: marrón).

Controles de exposición medioambiental

Manteniendo el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Aspecto

Estado físico	líquido (fluido)
Color	incolor
Olor	característico
Umbral olfativo	No existen datos disponibles

Otros parámetros físicos y químicos

pH (valor)	Esta información no está disponible.
Punto de fusión/punto de congelación	-45°C
Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	$155 - 158^{\circ}\text{C}$
Punto de inflamación	60°C
Tasa de evaporación	no existen datos disponibles
Inflamabilidad (sólido, gas)	no relevantes (fluido)
<u>Límites de explosividad</u>	
• límite inferior de explosividad (LIE)	1,2 % vol
• límite superior de explosividad (LSE)	7,7 % vol
Límites de explosividad de nubes de polvo	no relevantes
Presión de vapor	1 hPa a 20°C

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Hexanol $\geq 98\%$, para síntesis

número de artículo: **3847**

Densidad	0,82 g/cm ³ a 20 °C
Densidad de vapor	3,53 (aire = 1)
Densidad aparente	No es aplicable
Densidad relativa	Las informaciones sobre esta propiedad no están disponibles.
<u>Solubilidad(es)</u>	
Hidrosolubilidad	5,9 g/l a 20 °C
<u>Coeficiente de reparto</u>	
n-octanol/agua (log KOW)	2,03 (exp. TOXNET)
Temperatura de auto-inflamación	285 °C
Temperatura de descomposición	no existen datos disponibles
Viscosidad	
• viscosidad dinámica	0,6 mPa s a 25 °C
Propiedades explosivas	No se clasificará como explosiva
Propiedades comburentes	ninguno

9.2 Otros datos

Clase de temperatura (UE según ATEX)	T3 (Temperatura de superficie máxima admisible en el equipo: 200°C)
--------------------------------------	---

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

Riesgo de ignición. Calentando: Vapores pueden formar con aire una mezcla explosiva.

10.2 Estabilidad química

El material es estable bajo condiciones ambientales normales y en condiciones previsibles de temperatura y presión durante su almacenamiento y manipulación.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Reacciones fuertes con: Muy comburente

10.4 Condiciones que deben evitarse

Conservar alejado del calor.

10.5 Materiales incompatibles

diferentes plásticos

10.6 Productos de descomposición peligrosos

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Hexanol $\geq 98\%$, para síntesis

número de artículo: 3847

SECCIÓN 11: Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda

Vía de exposición	Parámetro	Valor	Especie	Fuente
oral	LD50	720 mg/kg	rata	TOXNET
cutánea	LD50	>2.000 mg/kg	conejo	

Corrosión o irritación cutánea

No se clasificará como corrosivo/irritante para la piel.

Lesiones oculares graves o irritación ocular

Provoca irritación ocular grave.

Sensibilización respiratoria o cutánea

No se clasificará como sensibilizante respiratoria o sensibilizante cutánea.

Resumen de la evaluación de las propiedades CMR

No se clasificará como mutágeno en células germinales, carcinógeno ni tóxico para la reproducción

• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

No se clasifica como tóxico específico en determinados órganos (exposición única).

• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición repetida

No se clasifica como tóxico específico en determinados órganos (exposición repetida).

Peligro por aspiración

No se clasifica como peligroso en caso de aspiración.

Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas

• En caso de ingestión

vómitos, náuseas

• En caso de contacto con los ojos

Provoca irritación ocular grave

• En caso de inhalación

efectos irritantes, tos, cefalea

• En caso de contacto con la piel

debilmente irritante

Otros datos

Otros efectos adversos: Pérdida de conciencia, Diarrea

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Hexanol $\geq 98\%$, para síntesis

número de artículo: 3847

SECCIÓN 12: Información ecológica

12.1 Toxicidad

según 1272/2008/CE: No se clasificará como peligroso para el medio ambiente acuático.

Toxicidad acuática (aguda)

Parámetro	Valor	Especie	Fuente	Tiempo de exposición
LC50	97 mg/l	Pimephales promelas		96 h
EC50	300 mg/l	daphnia magna	ECOTOX-Database	48 h

12.2 Procesos de degradación

La sustancia es fácilmente biodegradable.

Demanda Teórica de Oxígeno: 2,818 mg/mg

Dióxido de Carbono Teórico: 2,584 mg/mg

Proceso	Velocidad de degradación	Tiempo
biótico/abiótico	>70 %	30 d

12.3 Potencial de bioacumulación

Se enriquece en organismos insignificadamente.

n-octanol/agua (log KOW) 2,03

12.4 Movilidad en el suelo

No se dispone de datos.

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

No se dispone de datos.

12.6 Otros efectos adversos

No se dispone de datos.

SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

13.1 Métodos para el tratamiento de residuos

Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos. Eliminar el contenido/el recipiente de conformidad con la normativa local, regional, nacional o internacional.

Información pertinente para el tratamiento de las aguas residuales

No tirar los residuos por el desagüe.

Tratamiento de residuos de recipientes/embalajes

Es un residuo peligroso; solamente pueden usarse envases que han sido aprobado (p.ej. conforme a ADR).

13.2 Disposiciones sobre prevención de residuos

La coordinación de los números de clave de los residuos/marcas de residuos según CER hay que efectuarla espedífcamente de ramo y proceso.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE




1-Hexanol \geq 98%, para síntesis

número de artículo: **3847**

13.3 Observaciones

Los residuos se deben clasificar en las categorías aceptadas por los centros locales o nacionales de tratamiento de residuos. Por favor considerar las disposiciones nacionales o regionales pertinentes.

SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

14.1	Número ONU	2282
14.2	Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	HEXANOLES
	Componentes peligrosos	1-Hexanol
14.3	Clase(s) de peligro para el transporte	
	Clase	3 (líquidos inflamables)
14.4	Grupo de embalaje	III (materia que presenta un grado menor de peligrosidad)
14.5	Peligros para el medio ambiente	ninguno (no peligroso para el medio ambiente conforme al reglamento para el transporte de mercancías peligrosas)
14.6	Precauciones particulares para los usuarios	
	Las disposiciones concernientes a las mercancías peligrosas (ADR) se deben cumplir dentro de las instalaciones.	
14.7	Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL y del Código IBC	
	El transporte a granel de la mercancía no está previsto.	
14.8	Información para cada uno de los Reglamentos tipo de las Naciones Unidas	
	• Transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable (ADR/RID/ADN)	
	Número ONU	2282
	Designación oficial	HEXANOLES
	Menciones en la carta de porte	UN2282, HEXANOLES, 3, III, (D/E)
	Clase	3
	Código de clasificación	F1
	Grupo de embalaje	III
	Etiqueta(s) de peligro	3
		
	Cantidades exemptuadas (EQ)	E1
	Cantidades limitadas (LQ)	5 L
	Categoría de transporte (CT)	3
	Código de restricciones en túneles (CRT)	D/E
	Número de identificación de peligro	30

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Hexanol $\geq 98\%$, para síntesis

número de artículo: **3847**

• Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG)

Número ONU	2282
Designación oficial	HEXANOLS
Designaciones indicadas en la declaración del expedidor (shipper's declaration)	UN2282, HEXANOL, 3, III, 60°C c.c.
Clase	3
Grupo de embalaje	III
Etiqueta(s) de peligro	3



Disposiciones especiales (DS)	-
Cantidades exemptuadas (EQ)	E1
Cantidades limitadas (LQ)	5 L
EmS	F-E, S-D
Categoría de estiba (stowage category)	A

• Organización de Aviación Civil Internacional (OACI-IATA/DGR)

Número ONU	2282
Designación oficial	Hexanoles
Designaciones indicadas en la declaración del expedidor (shipper's declaration)	UN2282, Hexanoles, 3, III
Clase	3
Grupo de embalaje	III
Etiqueta(s) de peligro	3



Cantidades exemptuadas (EQ)	E1
Cantidades limitadas (LQ)	10 L

SECCIÓN 15: Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Disposiciones pertinentes de la Unión Europea (UE)

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Hexanol \geq 98%, para síntesis

número de artículo: **3847**

- **Reglamento 649/2012/UE relativo a la exportación e importación de productos químicos peligrosos (PIC)**

No incluido en la lista.

- **Reglamento 1005/2009/CE sobre las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)**

No incluido en la lista.

- **Reglamento 850/2004/CE sobre contaminantes orgánicos persistentes (POP)**

No incluido en la lista.

- **Restricciones conforme a REACH, Anexo XVII**

Nombre de la sustancia	%M	Tipo de registro	No
1-Hexanol	100	1907/2006/EC anexo XVII	3
1-Hexanol	100	1907/2006/EC anexo XVII	40

- **Lista de sustancias sujetas a autorización (REACH, Anexo XIV)**

no incluido en la lista

- **Directiva Seveso**

2012/18/UE (Seveso III)			
No	Sustancia peligrosa/categorías de peligro	Cantidades umbral (en toneladas) de aplicación de los requisitos de nivel inferior e superior	Notas
P5c	líquidos inflamables (cat. 2, 3)	5.000 50.000	51)

Anotación

51) Líquidos inflamables de las categorías 2 o 3 no comprendidos en P5a y P5b

- **Limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas pinturas y barnices y en los productos de renovación del acabado de vehículo (2004/42/CE, Directiva Decopaint)**

Contenido de COV 100 %

- **Directiva sobre emisiones industriales (COVs, 2010/75/UE)**

Contenido de COV 100 %

- **Directiva 2011/65/UE sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RoHS) - Anexo II**

no incluido en la lista

- **Reglamento 166/2006/CE relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y transferencias de contaminantes (PRTR)**

no incluido en la lista

- **Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas**

no incluido en la lista

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Hexanol \geq 98%, para síntesis

número de artículo: **3847**

Catálogos nacionales

La sustancia es enumerada en los siguientes inventarios nacionales:

- EINECS/ELINCS/NLP (Europa)
- DSL/NDSL (Canadá)
- REACH (Europa)
- Toxic Substance Control Act (TSCA)

15.2 Evaluación de la seguridad química

No se ha realizado una evaluación de la seguridad química de esta sustancia.

SECCIÓN 16: Otra información

Abreviaturas y los acrónimos

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
ADN	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Vías Navegables Interiores)
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera)
CAS	Chemical Abstracts Service (número identificador único carente de significado químico)
CLP	Reglamento (CE) no 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado (Classification, Labelling and Packaging) de sustancias y mezclas
CMR	Carcinógeno, Mutágeno o tóxico para la Reproducción
COV	compuestos orgánicos volátiles
DGR	Dangerous Goods Regulations (reglamento para el transporte de mercancías peligrosas, véase IATA/DGR)
DMEL	Derived Minimal Effect Level (nivel derivado con efecto mínimo)
DNEL	Derived No-Effect Level (nivel sin efecto derivado)
EINECS	European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (catálogo europeo de sustancias químicas comercializadas)
ELINCS	European List of Notified Chemical Substances (lista europea de sustancias químicas notificadas)
EmS	Emergency Schedule (programa de emergencias)
IATA	Asociación Internacional de Transporte Aéreo
IATA/DGR	Dangerous Goods Regulations (DGR) for the air transport (IATA) (Reglamento para el transporte de mercancías peligrosas por aire)
IMDG	International Maritime Dangerous Goods Code (código marítimo internacional de mercancías peligrosas)
MARPOL	el convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (abr. de "Marine Pollutant")
mPmB	muy persistente y muy bioacumulable
NLP	No-Longer Polymer (ex-polímero)
No de índice	el número de clasificación es el código de identificación que se da a la sustancia en la parte 3 del el anexo VI del Reglamento (CE) no 1272/2008
OACI	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
PBT	Persistente, Bioacumulable y Tóxico
PNEC	Predicted No-Effect Concentration (concentración prevista sin efecto)
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (registro, evaluación, autorización y restricción de las sustancias y preparados químicos ⁹)

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Hexanol $\geq 98\%$, para síntesis

número de artículo: **3847**

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
RID	Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses (Reglamento referente al transporte internacional por ferrocarril de mercancías peligrosas)
SGA	"Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de sustancias químicas" elaborado por Naciones Unidas

Principales referencias bibliográficas y fuentes de datos

- Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH), modificado por 2015/830/UE
- Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP, UE SGA)
- Dangerous Goods Regulations (DGR) for the air transport (IATA) (Reglamento para el transporte de mercancías peligrosas por aire)
- Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG)

Frases pertinentes (código y texto completo como se expone en el capítulo 2 y 3)

Código	Texto
H226	líquidos y vapores inflamables
H302	nocivo en caso de ingestión
H319	provoca irritación ocular grave

Cláusula de exención de responsabilidad

La información en ésta hoja de datos de seguridad corresponden al leal saber de nuestros conocimiento el día de impresión. Las informaciones deben de ser puntos de apoyo para un manejo seguro de productos mencionados en esta hoja de seguridad para el almacenamiento, elaboración, transporte y eliminación. Las indicaciones no se pueden traspasar a otros productos. Mientras el producto sea mezclado o elaborado con otros materiales, las indicaciones de esta hoja de seguridad no se pueden traspasar así al agente nuevo.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Pentanol ROTICHROM® GC

número de artículo: 9077

Versión: 1.0 es

fecha de emisión: 01.03.2017

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Identificación de la sustancia	1-Pentanol
Número de artículo	9077
Número de registro (REACH)	Esta información no está disponible.
No de índice	603-200-00-1
Número CE	200-752-1
Número CAS	71-41-0

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados: producto químico de laboratorio

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Carl Roth GmbH + Co KG
Schoemperlenstr. 3-5
D-76185 Karlsruhe
Alemania

Teléfono: +49 (0) 721 - 56 06 0

Fax: +49 (0) 721 - 56 06 149

e-mail: sicherheit@carlroth.de

Sitio web: www.carlroth.de

Persona competente responsable de la ficha de datos de seguridad : Department Health, Safety and Environment

e-mail (persona competente) : sicherheit@carlroth.de

1.4 Teléfono de emergencia

Servicios de información para casos de emergencia

Poison Centre Munich: +49/(0)89 19240

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Clasificación según SGA			
Sección	Clase de peligro	Clase y categoría de peligro	Indicación de peligro
2.6	líquidos inflamables	(Flam. Liq. 3)	H226
3.1I	toxicidad aguda (por inhalación)	(Acute Tox. 4)	H332
3.2	corrosión o irritación cutáneas	(Skin Irrit. 2)	H315
3.8R	toxicidad específica en determinados órganos - exposición única (irritación de las vías respiratorias)	(STOT SE 3)	H335

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Pentanol ROTICHROM® GC

número de artículo: 9077

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Palabra de advertencia

Atención

Pictogramas



Indicaciones de peligro

H226	Líquidos y vapores inflamables
H315	Provoca irritación cutánea
H332	Nocivo en caso de inhalación
H335	Puede irritar las vías respiratorias

Consejos de prudencia

Consejos de prudencia - prevención

P210	Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas. No fumar.
P260	No respirar la niebla/los vapores.

Consejos de prudencia - respuesta

P302+P352	EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: lavar con agua y jabón abundantes.
P312	Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico si la persona se encuentra mal.

Etiquetado de los envases cuyo contenido no excede de 125 ml

Palabra de advertencia: **Atención**

Símbolo(s)



2.3 Otros peligros

No hay información adicional.

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancias

Nombre de la sustancia	Alcohol n-amílico
No de índice	603-200-00-1
Número CE	200-752-1
Número CAS	71-41-0
Fórmula molecular	C ₅ H ₁₂ O
Masa molar	88,15 g/mol

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Pentanol ROTICHROM® GC

número de artículo: **9077**

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios



Notas generales

Quitar las prendas contaminadas.

En caso de inhalación

Proporcionar aire fresco. En caso de dificultades respiratorias o paro de respiración preparar respiración artificial. Es necesario un tratamiento médico.

En caso de contacto con la piel

Aclararse la piel con agua/ ducharse. En caso de irritaciones cutáneas, consultar a un dermatólogo.

En caso de contacto con los ojos

Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. En caso de irritación ocular consultar al oculista.

En caso de ingestión

Enjuagarse la boca. Llamar a un médico si la persona se encuentra mal.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Irritación, Tos, Cefalea, Vértigo, Náuseas, Vómitos, Diarrea, Ahogos, Pérdida de conciencia

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

ninguno

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Coordinar las medidas de extinción con los alrededores
agua pulverizada, espuma, espuma resistente al alcohol, polvo extinguidor seco, dióxido de carbono (CO₂)

Medios de extinción no apropiados

chorro de agua

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Combustible. Vapores pueden formar con aire una mezcla explosiva.

Productos de combustión peligrosos

En caso de incendio pueden formarse: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂)

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Los vapores son más pesados que el aire. Luchar contra el incendio desde una distancia razonable, tomando las precauciones habituales. Llevar un aparato de respiración autónomo.

1-Pentanol ROTICHROM® GC

número de artículo: 9077

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

No respirar los vapores/aerosoles. Evítese el contacto con los ojos y la piel. Prevención de las fuentes de ignición.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Manteniendo el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas. Propiedades explosivas.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Consejos sobre la manera de contener un vertido

Cierre de desagües.

Indicaciones adecuadas sobre la manera de limpiar un vertido

Absorber con una sustancia aglutinante de líquidos (arena, harina fósil, aglutinante de ácidos, aglutinante universal).

Otras indicaciones relativas a los vertidos y las fugas

Colocar en recipientes apropiadas para su eliminación. Ventilar la zona afectada.

6.4 Referencia a otras secciones

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5. Equipo de protección personal: véase sección 8. Materiales incompatibles: véase sección 10. Consideraciones relativas a la eliminación: véase sección 13.

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Evitar: Formación de aerosol y niebla. Asegurar una ventilación adecuada. Mantenga el envase bien cerrado cuando no lo use.

• Medidas de prevención de incendios, así como las destinadas a impedir la formación de partículas en suspensión y polvo



Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar.

Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.

Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo

Lavar las manos antes de las pausas y al fin del trabajo.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente.

Sustancias o mezclas incompatibles

Observe el almacenamiento compatible de productos químicos.

Atención a otras indicaciones

Conectar a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Pentanol ROTICHROM® GC

número de artículo: 9077

• Requisitos de ventilación

Utilización de ventilación local y general.

• Diseño específico de locales o depósitos de almacenamiento

Temperatura de almacenaje recomendada: 4 °C.

7.3 Usos específicos finales

No existen informaciones.

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

Valores límites nacionales

Valores límites de exposición profesional (límites de exposición en el lugar de trabajo)

No se dispone de datos.

DNEL/DMEL/PNEC pertinentes y otros niveles umbrales

• valores relativos a la salud humana

Parámetro	Niveles umbrales	Objetivo de protección, vía de exposición	Utilizado en	Tiempo de exposición
DNEL	73,16 mg/m ³	humana, por inhalación	trabajador (industria)	crónico - efectos locales
DNEL	292 mg/m ³	humana, por inhalación	trabajador (industria)	agudo - efectos locales

• valores medioambientales

Parámetro	Niveles umbrales	Compartimiento ambiental
PNEC	0,12 mg/l	agua dulce
PNEC	0,012 mg/l	agua marina
PNEC	1,2 mg/l	agua
PNEC	37 mg/l	depuradora de aguas residuales (STP)
PNEC	0,496 mg/kg	sedimentos de agua dulce
PNEC	0,05 mg/kg	sedimentos marinos
PNEC	1,068 mg/kg	suelo

8.2 Controles de exposición

Medidas de protección individual (equipo de protección personal)



Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Pentanol ROTICHROM® GC

número de artículo: 9077

Protección de los ojos/la cara

Utilizar gafas de protección con con protección a los costados.

Protección de la piel

• protección de las manos

Úsense guantes adecuados. Adecuado es un guante de protección química probado según la norma EN 374. Para usos especiales se recomienda verificar con el proveedor de los guantes de protección, sobre la resistencia de éstos contra los productos químicos arriba mencionados.

• tipo de material

NBR (Goma de nitrilo)

• espesor del material

0,4 mm

• tiempo de penetración del material con el que están fabricados los guantes

>480 minutos (permeación: nivel 6)

• otras medidas de protección

Hacer períodos de recuperación para la regeneración de la piel. Están recomendados los protectores de piel preventivos (cremas de protección/pomadas).

Protección respiratoria

Protección respiratoria es necesaria para: Formación de aerosol y niebla. Tipo: ABEK (filtros combinados contra gases y vapores, código de color: marrón/gris/amarillo/verde).

Controles de exposición medioambiental

Manteniendo el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Aspecto

Estado físico	líquido (fluido)
Color	incolor
Olor	característico
Umbral olfativo	No existen datos disponibles

Otros parámetros físicos y químicos

pH (valor)	7 (22 g/l, 20 °C)
Punto de fusión/punto de congelación	-78 °C
Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	138 °C
Punto de inflamación	47 °C
Tasa de evaporación	no existen datos disponibles
Inflamabilidad (sólido, gas)	no relevantes (fluido)
<u>Límites de explosividad</u>	
• límite inferior de explosividad (LIE)	1,6 % vol
• límite superior de explosividad (LSE)	8 % vol
Límites de explosividad de nubes de polvo	no relevantes
Presión de vapor	2,6 hPa a 20 °C

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Pentanol ROTICHROM® GC

número de artículo: 9077

Densidad	0,81 - 0,83 g/cm³ a 20 °C
Densidad de vapor	3,04 (aire = 1)
Densidad aparente	No es aplicable
Densidad relativa	Las informaciones sobre esta propiedad no están disponibles.
<u>Solubilidad(es)</u>	
Hidrosolubilidad	22 g/l a 20 °C
<u>Coeficiente de reparto</u>	
n-octanol/agua (log KOW)	1,51 (exp. Lit.)
Temperatura de auto-inflamación	300 °C
Temperatura de descomposición	450 °C
Viscosidad	no determinado
Propiedades explosivas	No se clasificará como explosiva
Propiedades comburentes	ninguno

9.2 Otros datos

Índice de refracción	1,409 - 1,412
Clase de temperatura (UE según ATEX)	T2 (Temperatura de superficie máxima admisible en el equipo: 300°C)

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

Riesgo de ignición. Calentando: Vapores pueden formar con aire una mezcla explosiva.

10.2 Estabilidad química

El material es estable bajo condiciones ambientales normales y en condiciones previsibles de temperatura y presión durante su almacenamiento y manipulación.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Reacciones fuertes con: Oxígeno, Muy comburente, Metales alcalinos, Aldehidos, Metal alcalinotérrico, Ácidos, Hidrógeno, Ácido sulfúrico, Cloro,
=> Propiedades explosivas

10.4 Condiciones que deben evitarse

Conservar alejado del calor. Descomposición comienza a partir de temperaturas de: 450 °C.

10.5 Materiales incompatibles

Artículos de caucho, diferentes plásticos

10.6 Productos de descomposición peligrosos

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Pentanol ROTICHROM® GC

número de artículo: 9077

SECCIÓN 11: Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda

Vía de exposición	Parámetro	Valor	Especie	Fuente
oral	LD50	>2.000 mg/kg	rata	
cutánea	LD50	>2.000 mg/kg	conejo	

Corrosión o irritación cutánea

Provoca irritación cutánea.

Lesiones oculares graves o irritación ocular

No se clasificará como causante de lesiones oculares graves o como irritante ocular.

Sensibilización respiratoria o cutánea

No se clasificará como sensibilizante respiratoria o sensibilizante cutánea.

Resumen de la evaluación de las propiedades CMR

No se clasificará como mutágeno en células germinales, carcinógeno ni tóxico para la reproducción

• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Puede irritar las vías respiratorias.

• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición repetida

No se clasifica como tóxico específico en determinados órganos (exposición repetida).

Peligro por aspiración

No se clasifica como peligroso en caso de aspiración.

Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas

• En caso de ingestión

diarrea, vómitos, náuseas, Daños de hígado y riñones

• En caso de contacto con los ojos

Irrita los ojos

• En caso de inhalación

tos, Irritación de las vías respiratorias, dificultades respiratorias

• En caso de contacto con la piel

provoca un efecto desengrasante en la piel, provoca irritación cutánea

Otros datos

Otros efectos adversos: Cefalea, Vértigo, Ahogos, Pérdida de conciencia

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Pentanol ROTICHROM® GC

número de artículo: 9077

SECCIÓN 12: Información ecológica

12.1 Toxicidad

según 1272/2008/CE: No se clasificará como peligroso para el medio ambiente acuático.

Toxicidad acuática (aguda)

Parámetro	Valor	Especie	Fuente	Tiempo de exposición
EC50	341 mg/l	daphnia magna	IUCLID	48 h
LC50	530 mg/l	pez cebra (Danio rerio)		96 h

12.2 Procesos de degradación

La sustancia es fácilmente biodegradable.

Demanda Teórica de Oxígeno: 2,722 mg/mg

Dióxido de Carbono Teórico: 2,496 mg/mg

Demanda Bioquímica de Oxígeno: 1,25 g/g

Proceso	Velocidad de degradación	Tiempo
biótico/abiótico	80 - 90 %	28 d

12.3 Potencial de bioacumulación

Se enriquece en organismos insignificadamente.

n-octanol/agua (log KOW) 1,51

12.4 Movilidad en el suelo

No se dispone de datos.

Constante de la ley de Henry 1,34 Pa m³/mol a 25 °C

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

No se dispone de datos.

12.6 Otros efectos adversos

No se dispone de datos.

SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

13.1 Métodos para el tratamiento de residuos

Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos. Eliminar el contenido/el recipiente de conformidad con la normativa local, regional, nacional o internacional.

Información pertinente para el tratamiento de las aguas residuales

No tirar los residuos por el desagüe.

Tratamiento de residuos de recipientes/embalajes

Es un residuo peligroso; solamente pueden usarse envases que han sido aprobado (p.ej. conforme a ADR).

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Pentanol ROTICHROM® GC

número de artículo: 9077


13.2 Disposiciones sobre prevención de residuos

La coordinación de los números de clave de los residuos/marcas de residuos según CER hay que efectuarla espedífcamente de ramo y proceso.

13.3 Observaciones

Los residuos se deben clasificar en las categorías aceptadas por los centros locales o nacionales de tratamiento de residuos. Por favor considerar las disposiciones nacionales o regionales pertinentes.

SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

14.1	Número ONU	1105
14.2	Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	PENTANOLES
	Componentes peligrosos	1-Pentanol
14.3	Clase(s) de peligro para el transporte	
	Clase	3 (líquidos inflamables)
14.4	Grupo de embalaje	III (materia que presenta un grado menor de peligrosidad)
14.5	Peligros para el medio ambiente	ninguno (no peligroso para el medio ambiente conforme al reglamento para el transporte de mercancías peligrosas)
14.6	Precauciones particulares para los usuarios	
	Las disposiciones concernientes a las mercancías peligrosas (ADR) se deben cumplir dentro de las instalaciones.	
14.7	Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL y del Código IBC	
	El transporte a granel de la mercancía no esta previsto.	
14.8	Información para cada uno de los Reglamentos tipo de las Naciones Unidas	
	• Transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable (ADR/RID/ADN)	
	Número ONU	1105
	Designación oficial	PENTANOLES
	Menciones en la carta de porte	UN1105, PENTANOLES, 3, III, (D/E)
	Clase	3
	Código de clasificación	F1
	Grupo de embalaje	III
	Etiqueta(s) de peligro	3
		
	Cantidades exeptuadas (EQ)	E1
	Cantidades limitadas (LQ)	5 L
	Categoría di transporte (CT)	3
	Código de restricciones en túneles (CRT)	D/E
	Número de identificación de peligro	30

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Pentanol ROTICHROM® GC

número de artículo: 9077

• Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG)

Número ONU	1105
Designación oficial	PENTANOLS
Designaciones indicadas en la declaración del expedidor (shipper's declaration)	UN1105, PENTANOLES, 3, III, 47°C c.c.
Clase	3
Grupo de embalaje	III
Etiqueta(s) de peligro	3



Disposiciones especiales (DS)	223
Cantidades exemptuadas (EQ)	E1
Cantidades limitadas (LQ)	5 L
EmS	F-E, S-D
Categoría de estiba (stowage category)	A

• Organización de Aviación Civil Internacional (OACI-IATA/DGR)

Número ONU	1105
Designación oficial	Pentanoles
Designaciones indicadas en la declaración del expedidor (shipper's declaration)	UN1105, Pentanoles, 3, III
Clase	3
Grupo de embalaje	III
Etiqueta(s) de peligro	3



Disposiciones especiales (DS)	A3
Cantidades exemptuadas (EQ)	E1
Cantidades limitadas (LQ)	10 L

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Pentanol ROTICHROM® GC

número de artículo: 9077

SECCIÓN 15: Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Disposiciones pertinentes de la Unión Europea (UE)

- **Reglamento 649/2012/UE relativo a la exportación e importación de productos químicos peligrosos (PIC)**

No incluido en la lista.

- **Reglamento 1005/2009/CE sobre las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)**

No incluido en la lista.

- **Reglamento 850/2004/CE sobre contaminantes orgánicos persistentes (POP)**

No incluido en la lista.

- **Restricciones conforme a REACH, Anexo XVII**

Nombre de la sustancia	%M	Tipo de registro	No
1-Pentanol	100	1907/2006/EC anexo XVII	3
1-Pentanol	100	1907/2006/EC anexo XVII	40

- **Lista de sustancias sujetas a autorización (REACH, Anexo XIV)**

no incluido en la lista

- **Directiva Seveso**

2012/18/UE (Seveso III)			
No	Sustancia peligrosa/categorías de peligro	Cantidades umbral (en toneladas) de aplicación de los requisitos de nivel inferior e superior	Notas
P5c	líquidos inflamables (cat. 2, 3)	5.000 50.000	51)

Anotación

51) Líquidos inflamables de las categorías 2 o 3 no comprendidos en P5a y P5b

- **Limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas pinturas y barnices y en los productos de renovación del acabado de vehículo (2004/42/CE, Directiva Decopaint)**

Contenido de COV 100 %

- **Directiva sobre emisiones industriales (COVs, 2010/75/UE)**

Contenido de COV 100 %

- **Directiva 2011/65/UE sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RoHS) - Anexo II**

no incluido en la lista

- **Reglamento 166/2006/CE relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y transferencias de contaminantes (PRTR)**

no incluido en la lista

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Pentanol ROTICHROM® GC

número de artículo: 9077

Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas
no incluido en la lista

Catálogos nacionales

La sustancia es enumerada en los siguientes inventarios nacionales:

- EINECS/ELINCS/NLP (Europa)
- DSL/NDSL (Canadá)
- REACH (Europa)
- Toxic Substance Control Act (TSCA)

15.2 Evaluación de la seguridad química

No se ha realizado una evaluación de la seguridad química de esta sustancia.

SECCIÓN 16: Otra información

Abreviaturas y los acrónimos

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
ADN	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Vías Navegables Interiores)
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera)
CAS	Chemical Abstracts Service (número identificador único carente de significado químico)
CLP	Reglamento (CE) no 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado (Classification, Labelling and Packaging) de sustancias y mezclas
CMR	Carcinógeno, Mutágeno o tóxico para la Reproducción
COV	compuestos orgánicos volátiles
DGR	Dangerous Goods Regulations (reglamento para el transporte de mercancías peligrosas, véase IATA/DGR)
DMEL	Derived Minimal Effect Level (nivel derivado con efecto mínimo)
DNEL	Derived No-Effect Level (nivel sin efecto derivado)
EINECS	European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (catálogo europeo de sustancias químicas comercializadas)
ELINCS	European List of Notified Chemical Substances (lista europea de sustancias químicas notificadas)
EmS	Emergency Schedule (programa de emergencias)
IATA	Asociación Internacional de Transporte Aéreo
IATA/DGR	Dangerous Goods Regulations (DGR) for the air transport (IATA) (Reglamento para el transporte de mercancías peligrosas por aire)
IMDG	International Maritime Dangerous Goods Code (código marítimo internacional de mercancías peligrosas)
MARPOL	el convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (abr. de "Marine Pollutant")
mPmB	muy persistente y muy bioacumulable
NLP	No-Longer Polymer (ex-polímero)
No de índice	el número de clasificación es el código de identificación que se da a la sustancia en la parte 3 del el anexo VI del Reglamento (CE) no 1272/2008
OACI	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
PBT	Persistente, Bioacumulable y Tóxico
PNEC	Predicted No-Effect Concentration (concentración prevista sin efecto)

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



1-Pentanol ROTICHROM® GC

número de artículo: 9077

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (registro, evaluación, autorización y restricción de las sustancias y preparados químicos)
RID	Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses (Reglamento referente al transporte internacional por ferrocarril de mercancías peligrosas)
SGA	"Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de sustancias químicas" elaborado por Naciones Unidas

Principales referencias bibliográficas y fuentes de datos

- Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH), modificado por 2015/830/UE
- Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP, UE SGA)
- Dangerous Goods Regulations (DGR) for the air transport (IATA) (Reglamento para el transporte de mercancías peligrosas por aire)
- Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG)

Frases pertinentes (código y texto completo como se expone en el capítulo 2 y 3)

Código	Texto
H226	líquidos y vapores inflamables
H315	provoca irritación cutánea
H332	nocivo en caso de inhalación
H335	puede irritar las vías respiratorias

Cláusula de exención de responsabilidad

La información en ésta hoja de datos de seguridad corresponden al leal saber de nuestros conocimiento el día de impresión. Las informaciones deben de ser puntos de apoyo para un manejo seguro de productos mencionados en esta hoja de seguridad para el almacenamiento, elaboración, transporte y eliminación. Las indicaciones no se pueden traspasar a otros productos. Mientras el producto sea mezclado o elaborado con otros materiales, las indicaciones de esta hoja de seguridad no se pueden traspasar así al agente nuevo.



Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) n.º 1907/2006 (modificado por el Reglamento (CE) no. 453/2010)

Revisión: 30.07.2014

Versión: 4.0

Fecha de edición: 07.08.2014

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Nombre comercial/denominación:	4-Metil-2-pentanona AnalaR NORMAPUR® ACS, Reag. Ph. Eur. para análisis
Producto-no.:	25652 (VWR International)
Nombre de la sustancia:	4-Metil-2-pentanona
n.º CAS:	108-10-1
Número de identificación - UE:	606-004-00-4
número de registro REACH:	No comunicado a través de la cadena de suministro.
Otros medios de identificación:	

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos relevantes identificados:	Reactivo de químico
--------------------------------	---------------------

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Suministrador (fabricante/importador/representante exclusivo/usuario posterior/distribuidor)

España

VWR International Eurolab S.L.

Calle	C/ de la Tecnología. 5-17, A7-Llinars Park
Código postal/Ciudad	08450 Llinars del Vallès (Barcelona)
Teléfono	+34 902 222 897
Telefax	+34 902 430 657
Correo electrónico (persona especializada)	vwrds@eu.vwr.com

Teléfono de emergencia

Teléfono	+44 (0) 1270 502894 (atención en español disponible 24h)
----------	--



SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

2.1.1 Clasificación según el Reglamento (CE) n.º 1272/2008 [CLP]

Clases y categorías de peligro	Indicaciones de peligro
Líquidos inflamables, Categoría 2	H225
Toxicidad aguda, Categoría 4, inhalación	H332
Irritación ocular, Categoría 2	H319
Irritación cutáneas, Categoría 2	H315

2.2 Elementos de la etiqueta

2.2.1 Etiquetado según el Reglamento (CE) Nº 1272/2008 [CLP]

Pictograma de peligro



Palabra de advertencia: Peligro

Indicaciones de peligro	
H225	Líquido y vapores muy inflamables.
H332	Nocivo en caso de inhalación.
H319	Provoca irritación ocular grave.
H315	Provoca irritación cutánea.
EUH066	La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.

Consejos de prudencia	
P210	Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.
P243	Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.
P280	Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.
P302+P352	EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con abundante agua/...
P304+P340	EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración.
P305+P351+P338	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.
P309+P311	EN CASO DE exposición o si se encuentra mal: Llamar a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.

Otros peligros

SVHC No



SECCIÓN 3: Composición / información sobre los componentes

3.1 Sustancias

Formula molecular	C ₆ H ₁₂ O
Peso molecular	100,16 g/mol
n.º CAS	108-10-1
número de registro REACH	No comunicado a través de la cadena de suministro.
Número de identificación - UE	606-004-00-4

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1 Informaciones generales

En caso de exposición o si se encuentra mal: Llamar al CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico. En caso de pérdida de conocimiento acostar al afectado en posición lateral de seguridad y solicitar atención médica. Nunca dar algo por la boca a una persona que este sin conocimiento o tenga constricciones espasmódicas. Cambiar la ropa sucia y mojada. No dejar sin vigilancia la persona afectada.

En caso de inhalación

Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGIA/médico/.... Llevar al accidentado al aire libre y mantenerlo caliente y tranquilo. En caso de dificultades respiratorias o paro respiratorio, administrar respiración artificial.

En caso de contacto con la piel

En caso de contacto con la piel, lávese inmediatamente con abundante agua y jabón. Quitar inmediatamente ropa contaminada y mojada. En caso de reacciones cutáneas, consultar un médico.

En caso de contacto con los ojos

En caso de contacto con los ojos aclarar inmediatamente los ojos abiertos bajo agua corriente durante 10 o 15 minutos y consultar al oftalmólogo. Proteger el ojo ileso. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

En caso de ingestión

En caso de ingestión accidental, enjuagar la boca con abundante agua (solo si la persona está consciente) y solicitar inmediatamente atención médica. NO provocar el vómito. No dar nada para beber o comer.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

no hay datos disponibles

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

no hay datos disponibles

4.4 Autoprotección de la persona que presta los primeros auxilios.

Primeros auxilios: ¡Prestar atención a la autoprotección!

4.5 Informaciones para el médico

no hay datos disponibles

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción adecuados

Agua pulverizada ABC-polvo Dióxido de carbono (CO₂) Nitrógeno

Medios de extinción no recomendables por motivos de seguridad

Sin restricción



5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

En caso de incendio pueden formarse: Dióxido de carbono (CO₂) Monóxido de carbono

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

NO luchar contra el incendio cuando el fuego llega a los explosivos. En caso de incendio: Utilizar un aparato de respiración autónomo.

5.4 Advertencias complementarias

No dejar llegar el agua de extinción al alcantarillado o a los cursos de agua. No inhalar los gases provocados por el incendio o explosión. Cuidado con el uso de dióxido de carbono en lugares cerrados. El dióxido de carbono puede desplazar al oxígeno. Utilizar un chorro de agua para proteger a las personas y refrigerar los recipientes en la zona de peligro.

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Peligro de resbalamiento por producto derramado/vertido. En caso de incendio importante y en grandes cantidades: Llevar a las personas fuera del peligro. Utilizar aparato respiratorio autónomo y vestimenta de protección contra las sustancias químicas.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No dejar que penetre en el subsuelo/suelo. No dejar verter ni en el alcantarillado ni en los desagües.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Nunca volver a poner el producto absorbido en el envase original para reutilizar. Recoger con cuidado en seco. Coger sin polvo y guardar sin polvo. Limpiar los objetos contaminados y la zona afectada respetando las disposiciones en materia de medio ambiente.

6.4 Advertencias complementarias

Limpiar inmediatamente el vertido.

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Evitar: Inhalación Evítese el contacto con los ojos y la piel. Usar ventilador (laboratorio). En tratamientos al descubierto hay que utilizar los dispositivos con ventilación local. Si no es posible ventilación local o es insuficiente, se tiene que ventilar suficientemente todo el área de trabajo por medios técnicos. Manejar bajo (Gas): Nitrógeno

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

temperatura de almacenamiento: 15-25 °C

Clase de almacenamiento: 3

Consérvese el recipiente en lugar fresco y bien ventilado y manténgase bien cerrado. Mantener o almacenar alejado de materiales combustibles.

7.3 Usos específicos finales

no hay datos disponibles



SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

Ingrediente (Denominación)	Información reglamentaria	País	Tipo de valor límite (país de origen)	Valor límite	Observación
4-Metil-2-pentanona	Gestis	ES	LTV	83 mg/m ³ - 20 ppm	
4-Metil-2-pentanona	Gestis	ES	STV	208 mg/m ³ - 50 ppm	
4-Metil-2-pentanona	Gestis	EU	LTV	83 mg/m ³ - 20 ppm	
4-Metil-2-pentanona	2000/39/EC	EU	LTV	83 mg/m ³ - 20 ppm	
4-Metil-2-pentanona	Gestis	EU	STV	208 mg/m ³ - 50 ppm	
4-Metil-2-pentanona	2000/39/EC	EU	STV	208 mg/m ³ - 50 ppm	

8.2 Controles de la exposición

8.2.1 Controles de ingeniería adecuados

Las medidas técnicas y la aplicación de protocolos de trabajos adecuados tienen prioridad sobre el uso de equipos de protección individual. En tratamientos al descubierto hay que utilizar los dispositivos con ventilación local.

8.2.2 Equipo de protección individual

Úsele indumentaria protectora adecuada. Para la manipulación de productos químicos sólo se puede utilizar ropa de protección identificada con el marcado CE y el código de cuatro dígitos relacionado. Es necesaria ropa de protección para evitar el contacto directo con la piel (además de la ropa de trabajo normal).

Protección de ojos y cara

Gafas con protección lateral DIN-/EN-normas: DIN EN 166

Recomendación: VWR 111-0432

Protección de piel

Para la manipulación de productos químicos sólo se pueden utilizar guantes de protección identificados con el marcado CE y el código de cuatro dígitos relacionado. Guantes recomendados DIN-/EN-normas: DIN EN 374 En el caso de tener la intención de volver a utilizar los guantes, lavarlos bien antes de quitárselos y guardarlos en un lugar ventilado.

En caso de breve contacto de mano

Material adecuado:	NBR (Goma de nitrilo)
Espesor del material del guante:	0,425 mm
Tiempo de penetración (tiempo máximo de uso):	37 min
Guantes recomendados:	VWR 112-0971

En caso de contacto frecuente con la piel

Material adecuado:	Caucho de butilo
Espesor del material del guante:	0,50 mm
Tiempo de penetración (tiempo máximo de uso):	240-480 min
Guantes recomendados:	VWR 112-1570

Protección respiratoria

Protección respiratoria es necesaria para: Formación de aerosol y niebla

Aparatos de protección respiratoria adecuados: Careta entera/media/cuarta parte (DIN EN 136/140)

Recomendación: VWR 111-0206

Material adecuado: A2B2E2K2P3

Recomendación: VWR 111-0059

Advertencias complementarias

Lavar las manos antes de las pausas y al finalizar el trabajo. Evítese el contacto con los ojos y la piel. No comer, ni beber, ni fumar durante su uso. Disponer de una ducha para los ojos y identificar su emplazamiento visiblemente.

8.2.3 Controles de la exposición del medio ambiente no hay datos disponibles

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

- a) Aspecto
 - Estado físico: líquido/a
 - Color: incolora
- b) Olor: no hay datos disponibles
- c) Umbral olfativo: no hay datos disponibles

Datos básicos relevantes de seguridad

- d) pH: 7 (20 °C)
- e) Punto de fusión/punto de congelación: -84 °C
- f) Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición: 117,4 °C (1013 hPa)
- g) Punto de inflamación: 16 °C
- h) Tasa de evaporación: no hay datos disponibles
- i) Inflamabilidad (sólido, gas): Líquido y vapores muy inflamables.
- j) Límites superior/inferior de inflamabilidad o de explosividad
 - Límite inferior de explosividad: 1,4 vol%
 - Límite superior de explosividad: 8 vol%
- k) Presión de vapor: 16 mmHg (20 °C)
- l) Densidad de vapor: 3,45 (20 °C)
- m) Densidad relativa: 0,801 g/cm³ (20 °C)
- n) Solubilidad(es)
 - a 20 °C: 18 - 20 g/l (20 °C)
 - Soluble (g/L) en: no hay datos disponibles
- o) Coeficiente de partición n-octanol/agua: 1,31 (20 °C)
- p) Temperatura de autoinflamación: 460 °C
- q) Temperatura de descomposición: no hay datos disponibles
- r) Viscosidad
 - Viscosidad cinemática: no hay datos disponibles
 - Viscosidad dinámica: 0,59 mPa*s (20 °C)
- s) Propiedades explosivas: no aplicable
- t) Propiedades comburentes: no aplicable

9.2 Otra información

- Densidad aparente: no hay datos disponibles
- Índice de refracción: 1,396 (20 °C; 589 nm)
- Constante de disociación: no hay datos disponibles

Tensión de superficie:
Constante de Henry:

no hay datos disponibles
no hay datos disponibles

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

no hay datos disponibles

10.2 Estabilidad química

no hay datos disponibles

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

no hay datos disponibles

10.4 Condiciones que deben evitarse

no hay datos disponibles

10.5 Materiales incompatibles

no hay datos disponibles

10.6 Productos de descomposición peligrosos

no hay datos disponibles

10.7 Advertencias complementarias

no hay datos disponibles

SECCIÓN 11: Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Efectos agudos

Toxicidad oral aguda:

LD50 (oral, Rata): 2080 mg/kg (RTECS)

Toxicidad dermal aguda:

LD50 (dérmica, Conejo): >16000 mg/kg (IUCLID)

Toxicidad inhalativa aguda:

no hay datos disponibles

Efecto de irritación y cauterización

Efecto de irritación primaria en la piel:

Provoca irritación cutánea.

Irritación de los ojos:

Provoca irritación ocular grave.

Irritación de las vías respiratorias:

no aplicable

Sensibilización respiratoria o cutánea

En caso de contacto con la piel: no sensibilizante

En caso de inhalación: no sensibilizante

Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) – exposición única

no aplicable

Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) – exposición repetida

no aplicable

Efectos-CMR (carcinogenicidad, mutagenicidad y toxicidad para la reproducción)

Carcinogenicidad

Sin indicaciones de carcinogenicidad en seres humanos.

Mutagenicidad en células germinales

No existen indicaciones de mutagenicidad celular en seres humanos.

Toxicidad para la reproducción

No existen indicaciones de toxicidad reproductiva en seres humanos.

Peligro de aspiración

no aplicable

Otros efectos negativos

no hay datos disponibles

Información adicional

no hay datos disponibles

SECCIÓN 12: Información ecológica

12.1 Ecotoxicidad

Toxicidad aguda para los peces (a corto plazo):

no hay datos disponibles

Toxicidad crónica para los peces (a largo plazo):

no hay datos disponibles

Aguda (corto plazo) toxicidad para dafnien:

no hay datos disponibles

Crónico (largo plazo) toxicidad para dafnien:

no hay datos disponibles

Aguda (corto plazo) toxicidad para las algas:

no hay datos disponibles

Crónico (largo plazo) toxicidad para las algas:

no hay datos disponibles

12.2 Persistencia y degradabilidad

no hay datos disponibles

12.3 Potencial de bioacumulación

Coeficiente de partición n-octanol/agua: 1,31

12.4 Movilidad en el suelo:

no hay datos disponibles

12.5 Resultados de la valoración PBT/mPmB

no hay datos disponibles

12.6 Otros efectos negativos

no hay datos disponibles

SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

13.1 Métodos para el tratamiento de residuos

Eliminación apropiada / Producto

Eliminar según lo indicado en las disposiciones legales. Contactar un gestor autorizado para una eliminación de residuos. Enviar a una instalación de incineración de residuos especiales respetando la reglamentación aplicable en la materia.

Código de residuo del producto: no hay datos disponibles

Eliminación apropiada / Embalaje

Eliminar según lo indicado en las disposiciones legales. Los embalajes contaminados deben de ser tratados como la sustancia.

Información adicional

no hay datos disponibles

SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

Transporte por vía terrestre (ADR/RID)

14.1 UN No.:	1245
14.2 Designación oficial de transporte:	METILISOBUTILCETONA
14.3 Clase(s):	3
Código de clasificación:	F1
Etiqueta(s) de peligro:	3
14.4 Grupo de embalaje:	II
14.5 Peligros para el medio ambiente:	No
14.6 Precauciones particulares para los usuarios:	
Clase de peligro:	33
clave de limitación de túnel:	D/E
(Paso prohibido por túneles de categoría D cuando las mercancías son transportadas a granel o en cisternas. Paso prohibido por túneles de categoría E.)	



Transporte marítimo (IMDG)

14.1 UN No.:	1245
14.2 Designación oficial de transporte:	METHYL ISOBUTYL KETONE
14.3 Clase(s):	3
Código de clasificación:	
Etiqueta(s) de peligro:	3
14.4 Grupo de embalaje:	II
14.5 Peligros para el medio ambiente:	No
CONTAMINANTE MARINO:	No
14.6 Precauciones particulares para los usuarios:	
Grupo de segregación:	-
Número EmS	F-E S-D
14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC no significativo	

Transporte aéreo (ICAO-TI / IATA-DGR)

14.1 UN No.:	1245
14.2 Designación oficial de transporte:	METHYL ISOBUTYL KETONE,
14.3 Clase(s):	3
Código de clasificación:	F1
Etiqueta(s) de peligro:	3
14.4 Grupo de embalaje:	II
14.5 Precauciones particulares para los usuarios	no significativo

SECCIÓN 15: Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Determinaciones generales

Clase de peligro de agua (WGK): Presenta poco peligro para el agua. (WGK 1)

EU: Reglamento (CE) n o 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006 , relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), por el que se crea la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos, se modifica la Directiva 1999/45/CE y se derogan el Reglamento (CEE) n o 793/93 del Consejo y el Reglamento (CE) n o 1488/94 de la Comisión así como la Directiva 76/769/CEE del Consejo y las Directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE y 2000/21/CE de la Comisión

EU: Reglamento (CE) n o 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008 , sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) n o 1907/2006

EU: Reglamento (UE) n ° 453/2010 de la Comisión, de 20 de mayo de 2010 , por el que se modifica el Reglamento (CE) n ° 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH)

15.2 Evaluación de la seguridad química

no hay datos disponibles



SECCIÓN 16: Otra información

Abreviaciones y acrónimos

ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists
 ADR - European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road
 AGS - Committee on Hazardous Substances (Ausschuss für Gefahrstoffe)
 CLP - Regulation on Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures
 DFG - German Research Foundation (Deutsche Forschungsgemeinschaft)
 Gestis - Information system on hazardous substances of the German Social Accident Insurance (Gefahrstoffinformationssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung)
 IATA-DGR - International Air Transport Association-Dangerous Goods Regulations
 ICAO-TI - International Civil Aviation Organization-Technical Instructions
 IMDG - International Maritime Code for Dangerous Goods
 LTV - Long Term Value
 NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health
 OSHA - Occupational Safety & Health Administration
 PBT - Persistent, Bioaccumulative and Toxic
 RID - Regulation concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail
 STV - Short Term Value
 SVHC - Substances of Very High Concern
 vPvB - very Persistent, very Bioaccumulative

Frases R

R11	Fácilmente inflamable.
R20	Nocivo por inhalación.
R36/37	Irrita los ojos y las vías respiratorias.
R66	La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.

Frases S

S9	Consérvese el recipiente en lugar bien ventilado.
S16	Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar.
S29	No tirar los residuos por el desagüe.

Información adicional

Indicación de modificaciones: actualización general

La información en ésta hoja de datos de seguridad corresponden al leal saber de nuestros conocimiento el día de impresión. Las informaciones deben de ser puntos de apoyo para un manejo seguro de productos mencionados en esta hoja de seguridad para el almacenamiento, elaboración, transporte y eliminación. Las indicaciones no se pueden traspasar a otros productos. Mientras el producto sea mezclado o elaborado con otros materiales, las indicaciones de esta hoja de seguridad no se pueden traspasar así al agente nuevo.



SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Nombre comercial: Formic acid ethyl ester ≥99%

Número del artículo: 3574

Número CAS:

109-94-4

Número CE:

203-721-0

Número de clasificación:

607-015-00-7

Número de registro

No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 de la normativa REACH (CE) núm. 1907/2006, el toelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Utilización del producto / de la elaboración

Productos químicos de laboratorio

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Fabricante/distribuidor:

Carl Roth GmbH + Co. KG

Schoemperlenstraße 3-5

76185 Karlsruhe

Alemania

Telefon: +49/(0)721 5606-0

Telefax: +49/(0)721 5606-149

E-Mail: sicherheit@carlroth.de

Área de información: Department Health, Safety and Environment

1.4 Teléfono de emergencia:

Giftinformation München

Telefon: +49/(0)89 19240

Telefax: +49/(0)89 41402467

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación con arreglo al Reglamento (CE) n° 1272/2008

Flam. Liq. 2 H225 Líquido y vapores muy inflamables.

Acute Tox. 4 H302 Nocivo en caso de ingestión.

Acute Tox. 4 H332 Nocivo en caso de inhalación.

Eye Irrit. 2 H319 Provoca irritación ocular grave.

STOT SE 3 H335 Puede irritar las vías respiratorias.

Clasificación con arreglo a la Directiva 67/548/CEE o Directiva 1999/45/CE

Xn; Nocivo

R20/22: Nocivo por inhalación y por ingestión.

Xi; Irritante

R36/37: Irrita los ojos y las vías respiratorias.

F; Fácilmente inflamable

R11: Fácilmente inflamable.

(se continua en página 2)

Nombre comercial: Formic acid ethyl ester ≥99%

(se continua en página 1)

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado con arreglo al Reglamento (CE) n° 1272/2008

La sustancia se ha clasificado y etiquetado de conformidad con el reglamento CLP.

Pictogramas de peligro



GHS02

GHS07

Palabra de advertencia Peligro

Indicaciones de peligro

- H225 Líquido y vapores muy inflamables.
- H302+H332 Nocivo en caso de ingestión o inhalación.
- H319 Provoca irritación ocular grave.
- H335 Puede irritar las vías respiratorias.

Consejos de prudencia

- P210 Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. - No fumar.
- P261 Evitar respirar la niebla/los vapores/el aerosol.
- P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.
- P312 Llamar a un CENTRO DE INFORMACION TOXICOLOGICA o a un médico en caso de malestar.

Datos adicionales:

-

2.3 Otros peligros

Todos los productos químicos son potencialmente peligrosos. Son por lo tanto, sólo serán manejados por personal especializado con el cuidado necesario.

Resultados de la valoración PBT y mPmB

PBT: No aplicable.

mPmB: No aplicable.

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

3.1 Caracterización química: Sustancias

Denominación Nº CAS

109-94-4 formiato de etilo

Número(s) de identificación

Número CE: 203-721-0

Número de clasificación: 607-015-00-7

Formula: $C_3H_6O_2$

Masa molar: 74,08

(se continua en página 3)

Nombre comercial: Formic acid ethyl ester ≥99%

(se continua en página 2)

SECCIÓN 4: Primeros auxilios



4.1 Descripción de los primeros auxilios

Instrucciones generales:

Eliminar ropa contaminada

En caso de inhalación del producto:

Llevar la persona afectada al aire libre y tenderla para que permanezca en reposo.

En caso de trastornos, prestar asistencia médica a la(s) persona(s) afectada(s)

En caso de contacto con la piel:

Lavar inmediatamente con agua.

En caso de trastornos, prestar asistencia médica a la(s) persona(s) afectada(s)

En caso de con los ojos:

Limpiar los ojos abiertos durante varios minutos con agua corriente y consultar un médico.

En caso de ingestión:

Enjuagar la boca y beber mucha agua. No provocar el vómito.

Consultar inmediatamente un médico.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

No nos consta una descripción de síntomas tóxicos.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

No existen más datos relevantes disponibles.

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Sustancias extintoras apropiadas:

Combatir los incendios con medidas adaptados al ambiente circundante.

Dióxido de carbono (CO₂), Polvo seco, Espuma

Sustancias extintoras inapropiadas por razones de seguridad:

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos.

Durante un incendio pueden liberarse:

Monóxido de carbono y dióxido de carbono

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Equipo especial de protección:

Llevar puesto un aparato de respiración autónomo.

Llevar puesto un traje de protección total.

Indicaciones adicionales Los vapores son más pesados que el aire. Prestar atención al retorno de la llama.

(se continua en página 4)

Nombre comercial: Formic acid ethyl ester ≥99%

(se continua en página 3)

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Mantener alejadas las fuentes de encendido.

No respirar vapor/aerosol.

Llevar puesto equipo de protección. Mantener alejadas las personas sin protección.

Asegurarse de que haya suficiente ventilación.

Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No tirar los residuos por el desagüe. Riesgo de explosión.

Evitar que penetre en la canalización /aguas de superficie /agua subterráneas.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Quitar con material absorbente (arena, kieselgur, aglutinante de ácidos, aglutinante universal, aserrín).

Evacuar el material recogido según las normativas vigentes.

Desechar el material contaminado como vertido según ítem 13.

Asegurar suficiente ventilación.

6.4 Referencia a otras secciones

Ver capítulo 7 para mayor información sobre una manipulación segura.

Ver capítulo 8 para mayor información sobre el equipo personal de protección.

Para mayor información sobre cómo desechar el producto, ver capítulo 13.

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Trabajar sólo el sistema de aspiración activado.

Asegurar suficiente ventilación /aspiración en el puesto de trabajo.

Prevención de incendios y explosiones:



Mantener alejadas las fuentes de encendido. No fumar.

Tomar medidas contra las cargas electrostáticas.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Almacenamiento:

Exigencias con respecto al almacén y los recipientes:

Almacenar en un lugar fresco.

Normas en caso de un almacenamiento conjunto:

No almacenar junto con alimentos.

Indicaciones adicionales sobre las condiciones de almacenamiento:

Mantener alejadas las fuentes de encendido. No fumar.

Mantener el recipiente cerrado herméticamente.

Almacenarlo en envases bien cerrados en un lugar fresco y seco.

Temperatura de almacenamiento recomendada:

+4 °C

7.3 Usos específicos finales

No existen más datos relevantes disponibles.

(se continua en página 5)

Nombre comercial: Formic acid ethyl ester ≥99%

(se continua en página 4)

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

Instrucciones adicionales para el acondicionamiento de instalaciones técnicas:

Sin datos adicionales, ver punto 7.

8.1 Parámetros de control

Componentes con valores límite admisibles que deben controlarse en el puesto de trabajo:

109-94-4 formiato de etilo

LEP (E) | Valor de larga duración: 308 mg/m³, 100 ppm

Indicaciones adicionales:

Como base se han utilizado las listas vigentes en el momento de la elaboración.

8.2 Controles de la exposición

Equipo de protección individual:

Medidas generales de protección e higiene:

Quitarse de inmediato la ropa ensuciada o impregnada.

Lavarse las manos antes de las pausas y al final del trabajo.

Evitar el contacto con los ojos y la piel.

Medidas de protección individual

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

Protección respiratoria:



Necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

Filtro AX

Protección de manos:



Guantes de protección

El material del guante deberá ser impermeable y resistente al producto / sustancia / preparado.

Selección del material de los guantes en función de los tiempos de rotura, grado de permeabilidad y degradación.

Material de los guantes

goma butílica: 0,7mm

La elección del guante adecuado no depende únicamente del material, sino también de otras características de calidad, que pueden variar de un fabricante a otro.

Tiempo de penetración del material de los guantes

Valor de permeación: Nivel ≥ 4

El tiempo de resistencia a la penetración exacto deberá ser pedido al fabricante de los guantes. Este tiempo debe ser respetado.

(se continua en página 6)

Nombre comercial: Formic acid ethyl ester ≥99%

(se continua en página 5)

Para protegerse contra salpicaduras son adecuados los guantes compuestos por los siguientes materiales:

Caucho nitrilo: ≥ 0,4 mm

Protección de ojos:



Gafas de protección herméticas

Protección del cuerpo:

Ropa de trabajo protectora

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Datos generales

Aspecto:

Forma:

Líquido

Color:

Incoloro

Olor:

Característico

Umbral olfativo:

No hay información disponible.

valor pH (5 g/l) a 20 °C:

~ 4

Cambio de estado

Punto de fusión /campo de fusión:

-80,5 °C

Punto de ebullición /campo de ebullición:

54 °C

Punto de inflamación:

-20 °C

Inflamabilidad (sólido, gaseiforme):

No hay información disponible.

Temperatura de ignición:

440 °C

Temperatura de descomposición:

No hay información disponible.

Autoinflamabilidad:

No hay información disponible.

Peligro de explosión:

El producto no es explosivo; sin embargo, pueden formarse mezclas explosivas de vapor / aire.

Límites de explosión:

Inferior:

2,7 Vol %

Superior:

16,5 Vol %

Propiedades comburentes:

No hay información disponible.

Presión de vapor a 20 °C:

266 hPa

Densidad a 20 °C:

0,92 g/cm³

Densidad relativa

No hay información disponible.

Densidad de vapor

No hay información disponible.

Velocidad de evaporación

No hay información disponible.

Solubilidad en / miscibilidad con agua a 20 °C:

105 g/l

Completamente mezclable.

Coefficiente de reparto (n-octanol/agua):

0,23 log POW

(se continua en página 7)

Nombre comercial: Formic acid ethyl ester ≥99%

(se continua en página 6)

Viscosidad:**Dinámica a 20 °C:**

0,39 mPas

Cinemática:

No determinado.

9.2 Información adicional

No existen más datos relevantes disponibles.

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad**10.1 Reactividad**

En combinación con el aire, los vapores pueden formar una mezcla explosiva.

10.2 Estabilidad química**Descomposición térmica / condiciones que deben evitarse:**

No se descompone si se almacena y maneja adecuadamente.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosasReacción exotérmica con:

sodio

Peligro de ignición o de formación de gases o vapores combustibles con:

Oxidantes

Con posibilidad de formación de peróxido.

10.4 Condiciones que deben evitarse

Calor, llamas y chispas.

10.5 Materiales incompatibles:

No hay información disponible.

10.6 Productos de descomposición peligrosos:

En caso de incendio: véase capítulo 5

SECCIÓN 11: Información toxicológica**11.1 Información sobre los efectos toxicológicos****Toxicidad aguda:****Valores LD/LC50 (dosis letal /dosis letal = 50%) relevantes para la clasificación:**Oral LD₅₀ 1850 mg/kg (rata) (GESTIS)Dermal LD₅₀ >18300 mg/kg (conejo)**Síntomas específicos en ensayos con animales:**

Test de irritación ocular (conejo): irritación.

Ensayo de irritación cutánea (conejo): ligera irritación.

Efecto estimulante primario:**en la piel:**

ligera irritación.

Riesgo de absorción por la piel.

en el ojo:

Produce irritaciones.

Tras inhalación:

Peligro de edema pulmonar.

irritación de la membrana mucosa, Tos, Disnea (asfixia)

Sensibilización:

No se conoce ningún efecto sensibilizante.

(se continua en página 8)



Nombre comercial: Formic acid ethyl ester ≥99%

(se continua en página 7)

Efectos CMR:

Mutagenicidad en células germinales:

No hay información disponible.

Carcinogenicidad:

No hay información disponible.

Toxicidad para la reproducción:

No hay información disponible.

Peligro de aspiración:

No hay información disponible.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única Puede irritar las vías respiratorias.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas

La sustancia o mezcla no se clasifica como tóxica específica de órganos blanco, exposición repetida.

Indicaciones toxicológicas adicionales:

Tras inhalación:

paro respiratorio

irritación de las mucosas

tos

Después de la ingestión:

Trastornos estomacales e intestinales

narcosis

Daños en el hígado y el riñón.

Otros datos:

Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.

SECCIÓN 12: Información ecológica

12.1 Toxicidad

Toxicidad acuática:

No hay información disponible.

12.2 Persistencia y degradabilidad

fácilmente biodegradable

12.3 Potencial de bioacumulación

Según el coeficiente de distribución n-octanol /agua, no se acumula perceptiblemente en organismos.

12.4 Movilidad en el suelo

No existen más datos relevantes disponibles.

Efectos ecotóxicos:

Observación:

No permitir que entre en aguas, aguas residuales o el suelo.

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

PBT: No aplicable.

mPmB: No aplicable.

12.6 Otros efectos adversos

No existen más datos relevantes disponibles.

(se continua en página 9)

Nombre comercial: Formic acid ethyl ester ≥99%

(se continua en página 8)

SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

Métodos para el tratamiento de residuos

Recomendación:

El producto y su envase son como residuos peligrosos a desechar.

La disposición está regulada de manera diferente nivel regional, por lo tanto el tipo de disposición se preguntó a las autoridades locales (ayuntamiento).

Embalajes sin limpiar:

Recomendación:

Eliminar conforme a las disposiciones oficiales.

Producto de limpieza recomendado: Agua, eventualmente añadiendo productos de limpieza.

SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

14.1 Número UN

ADR, IMDG, IATA

UN1190

14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas

ADR

1190 FORMIATO DE ETILO

IMDG, IATA

ETHYL FORMATE

14.3 Clase(s) de peligro para el transporte

ADR



Clase
Etiqueta

3 Líquidos inflamables
3

IMDG, IATA



Class
Label

3 Flammable liquids.
3

14.4 Grupo de embalaje

ADR, IMDG, IATA

II

14.5 Peligros para el medio ambiente:

Contaminante marino:

No

14.6 Precauciones particulares para los usuarios

Número Kemler:

Atención: Líquidos inflamables

33

Número EMS:

F-E,S-D

(se continua en página 10)

Nombre comercial: Formic acid ethyl ester ≥99%

(se continua en página 9)

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC No aplicable.
Transporte/datos adicionales:**ADR****Cantidades limitadas (LQ)****Cantidades exceptuadas (EQ)**

1L

Código: E2

Cantidad neta máxima por envase interior: 30 ml

Cantidad neta máxima por embalaje exterior: 500 ml

Categoría de transporte**Código de restricción del túnel**

2

D/E

IMDG**Limited quantities (LQ)****Excepted quantities (EQ)**

1L

Code: E2

Maximum net quantity per inner packaging: 30 ml

Maximum net quantity per outer packaging: 500 ml

"Reglamentación Modelo" de la UNECE:

UN1190, FORMIATO DE ETILO, 3, II

SECCIÓN 15: Información reglamentaria
15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla
Disposiciones nacionales:**Indicaciones sobre las limitaciones de trabajo:**

Tener en cuenta las limitaciones de empleo para los jóvenes.

Tener en cuenta las limitaciones de empleo para las mujeres embarazadas o en período de lactancia.

Disposiciones en casos de avería:**Clase de peligro para las aguas:**

CPA 1 (clasificación de listas): poco peligroso para el agua.

15.2 Evaluación de la seguridad química

Una evaluación de la seguridad química no se ha llevado a cabo.

SECCIÓN 16: Otra información

Los datos se fundan en el estado actual de nuestros conocimientos, pero no constituyen garantía alguna de cualidades del producto y no generan ninguna relación jurídica contractual.

Persona de contacto: Departamento: Salud, Seguridad y Medio Ambiente

Interlocutor: Herr Heine

Abreviaturas y acrónimos:

RID: Règlement international concernant le transport des marchandises dangereuses par chemin de fer (Regulations Concerning the International Transport of Dangerous Goods by Rail)

IATA-DGR: Dangerous Goods Regulations by the "International Air Transport Association" (IATA)

ICAO: International Civil Aviation Organization

ICAO-TI: Technical Instructions by the "International Civil Aviation Organization" (ICAO)

ADR: Accord européen sur le transport des marchandises dangereuses par Route (European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road)

IMDG: International Maritime Code for Dangerous Goods

IATA: International Air Transport Association

GHS: Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals

EINECS: European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances

CAS: Chemical Abstracts Service (division of the American Chemical Society)

LC50: Lethal concentration, 50 percent

LD50: Lethal dose, 50 percent

(se continua en página 11)

Ficha de datos de seguridad
según 1907/2006/CE, Artículo 31



fecha de impresión 23.06.2014

Número de versión 2

Revisión: 23.06.2014

Nombre comercial: Formic acid ethyl ester ≥99%

(se continua en página 10)

LD50*: Lethal Dose, 50 percent (Not relevant for classification)
LD50*: Lethal Concentration, 50 percent (Not relevant for classification)
Flam. Liq. 2: Flammable liquids, Hazard Category 2
Acute Tox. 4: Acute toxicity, Hazard Category 4
Eye Irrit. 2: Serious eye damage/eye irritation, Hazard Category 2
STOT SE 3: Specific target organ toxicity - Single exposure, Hazard Category 3

ES

Monóxido de carbono
019-1


2.3 : Gas tóxico.



2.1 : Gas inflamable.

Peligro

1 Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa
Identificador del producto
Nombre comercial : Monóxido de carbono

Número de la Ficha de Datos de Seguridad : 019-1

Nombre químico : Monóxido de carbono
N° CAS :000630-08-0
N° EC :211-128-3
N° índice :006-001-00-2

Fórmula química : CO

Número de registro : No ha expirado el plazo límite de solicitud de registro.

Uso : Industrial y profesional. Llevar a cabo evaluación de riesgo antes de usar.

Identificación de la Compañía : AL AIR LIQUIDE ESPAÑA S.A.
Pº DE LA CASTELLANA ,35
28046 MADRID (ESPAÑA)

E-mail: e-business.ALE@airliquide.com

Dirección e-mail (persona competente) : e-business.ALE@airliquide.com

Teléfono de emergencia : 915029300

2 Identificación de los peligros
Clasificación de la sustancia o de la mezcla
Clase y categoría de riesgo, Código de Normativa CE 1272/2008 (CLP)

- **Peligros físicos** : Gases inflamables - Categoría 1 - Peligro (H220)
Gases a presión - Gases comprimidos - Atención (H280)
- **Peligros para la salud** : Toxicidad aguda, por inhalación - Categoría 3 - Peligro (H331)
Toxicidad para la reproducción - Feto - Categoría 1A - Peligro (H360D)
Toxicidad específica en determinados órganos - Exposiciones repetidas - Categoría 1 - Peligro (H372)

Clasificación 67/548 CE o 1999/45 CE : F+; R12
Repr. Cat. 1; R61
T; R23-R48/23

Elementos de la etiqueta
AL AIR LIQUIDE ESPAÑA S.A.

Pº DE LA CASTELLANA ,35 28046 MADRID (ESPAÑA)

E-mail: e-business.ALE@airliquide.com

Monóxido de carbono
019-1
2 Identificación de los peligros /...

Normativa de Etiquetado CE 1272/2008 (CLP)

• Pictogramas de peligro



• Pictogramas de peligro

• Palabra de advertencia

• Indicación de peligro

: Peligro

: H331 : Tóxico en caso de inhalación.

H220 : Gas extremadamente inflamable.

H360 : Puede perjudicar la fertilidad o dañar al feto.

H372 : Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

H280 : Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.

• Consejos de prudencia

- Prevención

: P260 : No respirar el polvo, el humo, el gas, la niebla, los vapores o el aerosol.

P210 : Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. – No fumar.

P202 : No manipular la sustancia antes de haber leído y comprendido todas las instrucciones de seguridad.

- Respuesta

: P304+P340+P315 : EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

Consulte a un médico inmediatamente.

P308+P313 : EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Consultar a un médico.

P377 : Fuga de gas en llamas: No apagar, salvo si la fuga puede detenerse sin peligro.

P381 : Eliminar todas las fuentes de ignición si no hay peligro en hacerlo.

- Almacenamiento

: P405 : Guardar bajo llave.

P403 : Almacenar en un lugar bien ventilado.

Etiquetado (67/548 CE o 1999/45 CE)

Símbolo(s)

: F+ : Extremadamente inflamable



: T : Tóxico

Frase(s) R

: R61 : Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.

R12 : Extremadamente inflamable.

R23 : Tóxico por inhalación.

R48/23 : Tóxico : riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.

Frase(s) S

: S45 : En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrese la etiqueta).

S53 : Evítese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso.

Otros peligros

Otros peligros

: Ninguno.

3 Composición/información sobre los componentes

Sustancia / Mezcla

: Sustancia.

Monóxido de carbono
019-1
3 Composición/información sobre los componentes /...

Nombre del componente	Contenido	N° CAS	N° EC	N° índice	Clasificación
Monóxido de carbono	: 100 %	630-08-0	211-128-3	006-001-00-2	NOTE 2 F+; R12 Repr. Cat. 1; R61 T; R23-48/23 ----- Flam. Gas 1 (H220) Repr. 1A (H360U) Acute Tox. 3 (H331) STOT RE 1 (H372) Press. Gas (H280)

No contiene otros componentes o impurezas que puedan influir en la clasificación del producto.

Nota 1 : Figura en la lista del Anexo IV / V del REACH, exento de solicitud de registro.

Nota 2 : No ha expirado el plazo límite de solicitud de registro.

Texto completo de Frases-R, véase capítulo 16.

4 Primeros auxilios
Primeros auxilios

- **Inhalación** : Tóxico por inhalación.
Los síntomas pueden incluir vértigos, dolor de cabeza, náuseas y pérdida de coordinación.
Retirar a la víctima a un área no contaminada llevando colocado el equipo de respiración autónoma. Mantener a la víctima caliente y en reposo. Llamar al doctor.
Aplicar la respiración artificial si se para la respiración.
- **Contacto con la piel y con los ojos** : En caso de contacto con los ojos o la piel, lávese inmediatamente y abundantemente con agua.
- **Ingestión** : La ingestión no está considerada como una vía potencial de exposición.

5 Medidas de lucha contra incendios

- Riesgos específicos** : La exposición al fuego puede causar la rotura o explosión de los recipientes.
- Productos peligrosos de la combustión** : Ninguno.
- Medios de extinción**
- **Medios de extinción adecuados** : Se pueden utilizar todos los extintores conocidos.
- Métodos específicos** : Si es posible detener la fuga de producto.
Colocarse lejos del recipiente y enfriarlo con agua desde un recinto protegido.
No extinguir una fuga de gas inflamada si no es absolutamente necesario. Se puede producir la reignición espontánea explosiva. Extinguir los otros fuegos.
- Equipo de protección especial para la intervención en incendios** : Utilizar equipos de respiración autónoma de presión positiva.

6 Medidas en caso de vertido accidental

- Precauciones personales** : Evacuar el área.
Eliminar las fuentes de ignición.
Asegurar la adecuada ventilación de aire.
Utilizar equipos de respiración autónoma cuando entren en el área a menos que esté probado que la atmósfera es segura.
- Precauciones relativas al medio ambiente** : Intentar parar el escape/derrame.
- Métodos de limpieza** : Ventilar la zona.

Monóxido de carbono**019-1****7 Manipulación y almacenamiento**

- Manipulación** : Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.
Debe prevenirse la filtración de agua al interior del recipiente.
Purgar el aire del sistema antes de introducir el gas.
No permitir el retroceso hacia el interior del recipiente.
Utilizar solo equipo específicamente apropiado para este producto y para su presión y temperatura de suministro, en caso de duda contacte con su suministrador.
Mantener lejos de fuentes de ignición, incluyendo descarga estática.
Solicitar del suministrador las instrucciones de manipulación de las botellas.
- Almacenamiento** : Mantener el contenedor por debajo de 50°C, en un lugar bien ventilado.
Separar de los gases oxidantes o de otros materiales oxidantes durante el almacenamiento.
- Almacenamiento - lejos de** : Oxidantes

8 Controles de exposición/protección individual

- Protección personal** : Asegurar una ventilación adecuada.
No fumar cuando se manipule el producto.
Disponer de aparato de respiración autónomo para uso en caso de emergencia.
- Protección de las vías respiratorias** : Si durante la manipulación puede producirse exposición por inhalación, se recomienda el uso de un equipo de protección respiratoria. Los usuarios de los aparatos de respiración deben ser entrenados.
- Protección de las manos** : Usen guantes.
- Protección para la piel** : Use un equipo protector adecuado. Guantes y zapatos de seguridad para el manejo de botellas.
- Protección para los ojos** : Gafas de seguridad.
- Límite de exposición laboral** : Monóxido de carbono : TLV® -TWA [ppm] : 25
Monóxido de carbono : OEL (UK)-LTEL [ppm] : 30
Monóxido de carbono : OEL (UK)-STEL [ppm] : 200
Monóxido de carbono : LTEL - UK [ppm] : 50
Monóxido de carbono : STEL - UK [mg/m³] : 300
Monóxido de carbono : STEL - UK [ppm] : 300
Monóxido de carbono : VME - Francia [mg/m³] : 55
Monóxido de carbono : VME - Francia [ppm] : 50
Monóxido de carbono : VLA-ED [ppm] : 25
Monóxido de carbono : VLA-ED [mg/m³] : 29
Monóxido de carbono : TLV® -TWA [ppm] : 25

9 Propiedades físicas y químicas

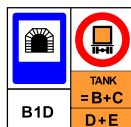
- Estado físico a 20°C** : Gas.
- Color** : Incoloro.
- Olor** : Sin olor que advierta de sus propiedades.
- Masa molecular** : 28
- Punto de fusión [°C]** : -205
- Punto de ebullición [°C]** : -192
- Temperatura crítica [°C]** : -140
- Presión de vapor [20°C]** : Inaplicable.
- Densidad relativa del gas (aire=1)** : 1
- Densidad relativa del líquido (agua=1)** : 0.79
- Solubilidad en agua [mg/l]** : 30

Monóxido de carbono**019-1****9 Propiedades físicas y químicas /...****Rango de inflamabilidad [% de volumen en aire]** : 10.9 a 74**Temperatura de auto-inflamación [°C]** : 620**10 Estabilidad y reactividad****Productos de descomposición peligrosos** : Ninguno.**Materiales incompatibles** : Puede formar mezclas explosivas con el aire.
Puede reaccionar violentamente con materias oxidantes.
Aire, Oxidante.**Condiciones que deben evitarse** : Manténgase alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. – No fumar.**11 Información toxicológica****Información sobre Toxicidad** : Daños a los glóbulos rojos de la sangre (envenenamiento hemolítico).**LC50 por inhalación en rata [ppm/4h]** : 1880**12 Información ecológica****Información sobre efectos ecológicos** : No se conocen daños ecológicos causados por este producto.**Factor de calentamiento global [CO₂= 1]****13 Consideraciones relativas a la eliminación****General** : Evitar la descarga en la atmósfera.
No descargar dentro de ningún lugar donde su acumulación pudiera ser peligrosa.
No descargar en áreas donde hay riesgo de que se forme una mezcla explosiva con el aire. El gas residual debe ser quemado a través de un quemador adecuado que disponga de antirretroceso de llama.
Contactar con el suministrador si se necesita orientación.**14 Información relativa al transporte****Número ONU** : 1016**• Etiquetado según ADR, IMDG, IATA**: 2.1 : Gas inflamable.
: 2.3 : Gas tóxico.**Transporte tierra****ADR/RID****H.I. n°** : 263**Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas** : MONOXIDO DE CARBONO COMPRIMIDO

Monóxido de carbono
019-1
14 Información relativa al transporte /...
Clase(s) de peligro para el transporte : 2

- Código de clasificación ADR/RID : 1 TF

- Instrucciones de embalaje - General : P200

- Restricción en túneles : B/D : Paso prohibido por túneles de la categoría B y C cuando la mercancía es transportada en cisternas. Paso prohibido por túneles de la categoría D y E.

Transporte por mar
- (Código) IMO-IMDG
• Nombre propio para el transporte : MONOXIDO DE CARBONO COMPRIMIDO

• Clase : 2.3

- Grupo de embalaje IMO : P200

- Emergency Schedule (EmS) - Fire : F-D

- Emergency Schedule (EmS) - Spillage : S-U

- Instrucciones - Embalaje : P200

Transporte aéreo
- ICAO/IATA
- Nombre propio para el transporte : CARBON MONOXIDE, COMPRESSED

• Clase : 2.3

• IATA-Aviones de pasajeros y carga. : NO CARGA EN LOS AVIONES DE PASAJEROS.

• Sólo aviones de carga : PROHIBIDO.

- Asegúrese de que los recipientes están bien sujetos.
- Evitar el transporte en los vehículos donde el espacio de la carga no esté separado del compartimiento del conductor.
- Antes de transportar las botellas :
- Asegurar que el conductor está enterado de los riesgos potenciales de la carga y que conoce que hacer en caso de un accidente o de una emergencia.
- Asegurar una ventilación adecuada.
- Asegurarse que las válvulas de las botellas están cerradas y no fugan.
- Asegurarse que el tapón del acoplamiento de la válvula (cuando exista) está adecuadamente apretado.
- Asegurarse que la caperuza de la válvula o la tulipa, (cuando exista), está adecuadamente apretada.
- Asegurarse de cumplir con la legislación aplicable.
15 Información reglamentaria
Restricciones : Reservado para uso profesional

Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla : Asegúrese que se cumplen las normativas nacionales y locales.

Seveso regulation 96/82/EC : Figura en la lista

Monóxido de carbono**019-1****16 Otras informaciones**

Asegurarse que los operarios conocen el riesgo de inflamabilidad.
Los usuarios de los aparatos de respiración deben ser entrenados.
Asegurarse que los operarios comprenden los riesgos de toxicidad.

Lista del texto completo de Frases-R en la sección 3 :
R12 : Extremadamente inflamable.
R23 : Tóxico por inhalación.
R48/23 : Tóxico : riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.
R61 : Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.

La presente Ficha de Datos de Seguridad está establecida de acuerdo con las Directivas Europeas en vigor y se aplica a todos los países que han transpuesto las Directivas en su derecho nacional.

El contenido y el formato de esta ficha de seguridad se ajustan al Reglamento (CE) REACH 1907/2006.

Ver ficha técnica del producto para informaciones más detalladas.

RENUNCIA DE RESPONSABILIDAD : A pesar de que durante la preparación de este documento se ha tomado especial cuidado, no se acepta ninguna responsabilidad por las lesiones o los daños resultantes.
Los detalles dados son ciertos y correctos en el momento de llevarse este documento a impresión. Antes de utilizar el producto en un nuevo proceso o experimento, debe llevarse a cabo un estudio completo de seguridad y de compatibilidad de los materiales.

Información adicional : Cambios por revisión - Ver : *

* Sección 2 adaptada a la directiva de la comisión europea N° 1272/2008 (CLP).

La información en esta Ficha de Seguridad fue obtenida de fuentes que creemos son fidedignas. Sin embargo, la información se proporciona sin ninguna garantía, expresa o implícita en cuanto a su exactitud. Las condiciones o métodos de manejo, almacenamiento, uso o eliminación del producto están más allá de nuestro control y posiblemente también más allá de nuestro conocimiento. Por esta y otras razones, no asumimos ninguna responsabilidad y descartamos cualquier responsabilidad por pérdida, daño o gastos ocasionados por o de cualquier manera relacionados con el manejo, almacenamiento, uso o eliminación del producto. Esta Ficha de Seguridad fue preparada y debe ser usada sólo para este producto. Si el producto es usado como un componente de otro producto, es posible que esta información de Seguridad no sea aplicable.

Fin del documento



International Gases Company

Safety Data Sheet

According to Regulation (EC) No. 1272/2008, Regulation (EC) 1907/2006

1. Identification of the substance/mixture and of the responsible company

- 1.1. Product Identifier: Hydrogen, hydrogen compressed, hydrogen (H₂), Dihydrogen
 1.2. Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against:

Identified uses: Used as a reducing agent in metallurgical processes; in organic synthesis; hydrodealkylation, hydrocracking and refining; hydrogenation of oils and fats, UN 1049.

- 1.3. Details of the supplier of the safety data sheet:

International Gases Company (IGC)
PO Box 12021
Post Coe 31961
Jubail Industrial City
Kingdom of Saudi Arabia

Website: www.sipchem.com/en/affiliates.htm

- 1.4. Emergency telephone number: 00966-359 9985 (24 hours)

2. Hazards Identification

Hydrogen CAS 1333-74-0 Purity: >99%

- 2.1. Classification of the substance or mixture:

Classification of Labeling in accordance with the CLP Regulations:

Index No	International Chemical Identification	EC No	CAS No	Classification		Labeling			Specific Conc. Limits, M-factors	Notes
				Hazard Code(s)	Class and Category	Pictogram Signal Word Code(s)	Hazard Statement Code(s)	Suppl. Hazard statement Code(s)		
001-001-00-9	215-605-7	215-605-7	1333-74-0	F+, R12		GHS02 GHS04	Flam. Gas 1 Press. Gas	---	100%	1

Note 1: exempt from REACH

Classification according to Regulation 1272/2008/EC (CLP)

Basis for Classification This substance is classified based on Directive 1272/2008/EC and its amendments (CLP Regulation, GHS)

HYDROGEN (1333-74-0)

SAFETY DATA SHEET according to Regulation (EC) No. 1272/2008, Regulation (EC) No.1907/2006

Hydrogen, rev 2 7/2012

Symbol(s):



Signal Word: Danger

Hazard(s):

H220: Extremely flammable gas

H280: Contains gas under pressure, may explode when heated

Prevention:

P210: Keep away from heat/sparks/open flames/hot surfaces. - No smoking.

Response:

P377: Leaking gas fire: Do not extinguish, unless leak can be stopped safely.

P381: Eliminate all ignition sources if safe to do so.

Storage:

P410+P403: Protect from sunlight. Store in a well-ventilated place.

2.2. Label: See table above

2.3. Other hazards: none known

3. Composition/information on ingredients

Formula:	H ₂
CAS-No.:	1333-74-0
Index-No.	001-001-00-9
EC-No.	215-605-7
Mol Wt.	2.02

4. First Aid Measures

4.1. Description of first aid measures

Eye Contact: Check for and remove any contact lenses. As a precaution immediately flush eyes with plenty of water for at least 15 minutes, occasionally lifting the upper and lower eyelids. Get medical attention immediately.

Skin Contact: In case of contact, as a precaution immediately flush skin with plenty of water for at least 15 minutes while removing contaminated clothing and shoes. Wash clothing before reuse. Clean shoes thoroughly before reuse. Check for skin burns if skin contact results from liquid hydrogen or cold gasses released from a pressurized container.

Inhalation: Asphyxiation hazard. Move exposed person to fresh air. If not breathing, if breathing is irregular or if respiratory arrest occurs, provide artificial respiration or oxygen by trained personnel. Loosen tight clothing such as a collar, tie, belt or waistband. Get medical attention immediately.

Ingestion: Never give anything by mouth to an unconscious person. Do not induce vomiting unless directed to do so by medical personnel. Wash mouth with water as a precaution.

4.2. Most important symptoms and effects, both acute and delayed:

Symptom of overexposure is the result of asphyxiation. Provide oxygen and seek medical attention.

4.3. Indication of immediate medical attention and special treatment needed:

If breathing is difficult, asphyxiation may be occurring due to lack of oxygen. Give oxygen. Seek medical attention.

SAFETY DATA SHEET according to Regulation (EC) No. 1272/2008, Regulation (EC) No.1907/2006

Hydrogen, rev 2 7/2012

5. Firefighting measures

5.1. Extinguishing media

Suitable extinguishing media:

Any extinguishing media.

Unsuitable extinguishing media:

None. Attempt to cut off source of hydrogen flow, if this can be done safely to prevent reignition of hydrogen gas.

5.2. Special hazards arising from the substance or mixture:

Flammable. In a fire or if heated, a pressure increase will occur and the container may burst, with risk of subsequent explosion. Vapors are lighter than air but may accumulate in low or confined areas or travel a considerable distance to a source of ignition and flash back (temperature below ambient). Firewater runoff to sewer may create fire or explosion hazard.

5.3. Advice for fire fighters:

Special protective equipment for fire fighters: Fire fighters must wear appropriate protective equipment and self-contained breathing apparatus (SCBA) with a full face-piece operated in positive pressure mode.

Further information: Promptly isolate the scene by removing all persons from the vicinity of the incident if there is a fire. No action shall be taken involving a personal risk or without suitable training. Move containers from fire area if this can be done without risk. Use water spray to keep fire-exposed containers cool. Do not allow fire extinguishing water to contaminate surface or groundwater systems. Ventilate to disperse hydrogen gasses in area.

6. Accidental release measures

6.1. Personal precautions, protective equipment and emergency procedures:

Advice for non-emergency personnel: Evacuate the danger zone; follow emergency precautions. Secure emergency assistance immediately. Avoid contact with the material; do not breathe gas, vapors or aerosol. If possible, provide additional ventilation.

Advice for emergency responders: Do not take action without proper training and emergency equipment. See Section 8 for additional information. Evacuate surrounding areas. Eliminate all ignition sources including flares and all open flames. Avoid all contact with spill material. Ventilate area thoroughly. Maintain adequate ventilation and wear appropriate respiratory protection.

6.2. Environmental precautions:

Avoid dispersal of released material and runoff and contact with soil, waterways, drains and sewers. Inform the relevant authorities if the product has caused environmental pollution (sewers, waterways, soil or air). Hydrogen is unlikely to cause an environmental hazard; however emergency responders should be aware of other substances that may be involved in the release.

6.3. Methods and materials for containment:

Stop leak if without risk. Move containers from release area. Approach release from upwind. Ventilate area thoroughly. Use spark-proof tools and explosion proof equipment. Contaminated absorbent material may adsorb H₂ and pose the similar hazard(s) as the released product.

6.4. Reference to other sections:

See disposal instruction 13 and exposure controls Section 8.

7. Handling and storage

7.1. Precautions for safe handling:

Observe all label precautions. Use appropriate personal protective equipment (see section 8). Eating, drinking and smoking should be prohibited in areas where this material is handled, stored and processed. Workers should wash hands and face before eating, drinking and smoking. Do not get in eyes or on skin or clothing. Do not ingest. Avoid breathing vapor or mist. Use only with adequate ventilation. Wear appropriate air supply respirator when ventilation is inadequate. Do not enter storage areas and confined spaces unless adequately ventilated. Keep in the original container or an approved alternative made from a compatible material, kept tightly closed when not in use. Store and use away from heat, sparks, open flame or any other ignition source. Use explosion-proof electrical (ventilating, lighting and material handling) equipment. Use non-sparking tools. Take precautionary measures against

electrostatic discharges. To avoid fire or explosion, dissipate static electricity during transfer by grounding and bonding containers and equipment before transferring material. Empty containers retain product residue and can be hazardous. Do not reuse container.

Advice on protection against fire and explosion: Keep away from flames and sources of ignition – including static.

7.2. Conditions for safe storage, including any incompatibilities:

Store in accordance with local regulations. Pressurized container. Store in a segregated and approved area. Store in original container protected from direct sunlight in a dry, cool and well-ventilated area, away from incompatible materials (see section 10) and food and drink. Eliminate all ignition sources. Separate from oxidizing materials. Keep container tightly closed and sealed until ready for use. Containers that have been opened must be carefully resealed and kept upright to prevent leakage. Do not store in unlabeled containers. Use appropriate containment to avoid environmental contamination.

7.3. Specific end uses:

No other additional special end uses are anticipated.

8. Exposure controls/personal protection

8.1. Control parameters:

Contains no substances with occupational limit values. Use only in a well-ventilated area to prevent accumulation of hydrogen gasses (asphyxiation and flammability hazard)

Exposure Limits

Hydrogen (1333-74-0)

No published occupational exposure limits.

Exposure Limits for Chemicals which may be generated during processing

None noted.

8.2. Exposure controls:

Use only with adequate ventilation. Use process enclosures, local exhaust ventilation or other engineering controls to keep worker exposure low to avoid asphyxiation and flammability hazards. The engineering controls also need to keep the gas concentrations below any lower explosive limits. Use explosion-proof ventilation equipment.

Individual protection measures:

Hydrogen gas presents a low hazard for employee contact. PPE should be selected to prevent liquid (cryogenic) splash hazard or for other chemical substances in the work area. Measures stated below are good industrial hygiene practice

Hygiene measures: Wash hands, forearms and face thoroughly after handling chemical products, before eating, smoking and using the lavatory and at the end of the working period. Appropriate techniques should be used to remove potentially contaminated clothing. Discard contaminated clothing or wash thoroughly before reusing. Ensure that eyewash stations and safety showers are close to the workstation location.

Eye/face protection: Safety eyewear complying with an approved standard should be used when a risk assessment indicates this is necessary to avoid exposure to liquid splashes, mists or dusts.

Hand protection: Chemical-resistant, impervious gloves complying with an approved standard should be worn at all times when handling chemical products if a risk assessment indicates this is required.

Glove material: butyl or nitrile rubber
Glove thickness: 0.7 mm or thicker
Break through time: > 240 minutes

Other protective equipment: Flame retardant antistatic protective clothing

Respiratory protection: Hydrogen does not have odor warning properties. Only SCBA or an air supply respirator should be worn if a risk assessment indicates that respiratory protection is necessary. Air purifying respirators are **not** effective. Respirator selection must be based upon known or measured levels of exposure to avoid asphyxiation or flammability hazards.

Environmental exposure controls: Use ventilation and engineering controls to protect workers and ventilate work area to at or below recommended flammability levels. Technical measures are preferred over use of personal protective equipment. Environmental controls, such as scrubber or thermal oxidizer may be required to prevent process releases to the atmosphere. Do not release into the atmosphere—risk of fire or explosion.

9. Physical and chemical properties

9.1. Information on basic physical and chemical properties:

Physical State: Gas	Appearance: Not available
Color: colorless	Physical Form: compressed gas
Odor: odorless	Odor Threshold: Not available
Taste: tasteless	Melting Point: -259 °C
Boiling Point: -253 °C liquid	LEL: 4.0 %
UEL: 75 %	Autoignition: 500 °C
Vapor Pressure: 760 mmHg -253 °C	Vapor Density (air = 1): 0.07
Density: 0.899 g/L @ 0 °C	Water Solubility: 0.00196 @0 °C
Viscosity: 0.08957 cP @26.8 °C	Molecular Weight: 2.0
Molecular Formula: H ₂	Flash Point: < -150 °C

Solvent Solubility

Soluble: alcohol, ethers

10. Stability and reactivity

10.1. Reactivity:

Stable under recommended storage conditions. Vapors may form explosive mixture with air.

10.2. Chemical stability:

Stable under recommended storage conditions.

10.3. Possibility of hazardous reactions:

Extremely reactive with incompatible and oxidizing substances. May exotherm or catch fire with mixed with incompatible materials.

10.4. Conditions to avoid:

Avoid heat, flames, sparks and other sources of ignition. Avoid inhalation of material or combustion by-products. Do not store at elevated temperatures.

10.5. Incompatible materials:

Combustible materials, alkaline metals and oxidizing materials

10.6. Hazardous decomposition products:

Carbon oxides.

11. Toxicological information

11.1. Information on toxicological effects:

Acute oral toxicity LD50 rat:

N/A ingestion of gas unlikely

Acute inhalation toxicity LC50 rat:

> 15000 ppm/1 hr (RTECS)

Inhalation (man) TC_{LO}:

no data, simple asphyxiant

Acute dermal toxicity LD50 rabbit:

N/A no data available

Skin irritation:

No data available

Eye irritation:

No data available

Sensitization:

No data, likely not sensitizing

Genotoxicity:

Mutagenicity:

No data available

Reproductive effects

No data available

Specific target organ toxicity - single exposure:

No data available

Specific target organ toxicity - repeated exposure:

No data available

Aspiration hazard:

NA, simple asphyxiant

11.2. Additional information:

Further data: Simple asphyxiant. Liquid hydrogen may cause skin burns (cold). Handle using good occupational and environmental health practices.

12. Ecological information

12.1. Toxicity

Toxicity in fish LC50:

No data

Toxicity to daphnia and other aquatic invertebrates:

No data

Toxicity to algae:

No data

Toxicity to bacteria:

No data

12.2. Persistence and degradability:

No data available

12.3. Bio accumulative potential:

Not expected (compressed gas)

12.4. Mobility in soil:

No information available.

12.5. Results of PBT and vPvB assessment:

Not classified as PBT or vPvB.

12.6. Other adverse effects:

None known.

13. Disposal considerations

Waste treatment methods: The generation of waste should be avoided or minimized wherever possible. Empty containers or liners may retain some residual product (i.e. cylinders and containers not completely empty—flammability hazard). Subject to disposal regulations in the U.S.—EPA 40 CFR 262 Hazardous Waste Number(s): D001.

14. Transport Information

The transport regulations are cited according to international and/or harmonized transport regulations. There may be national deviations and country specific requirements that have additional requirements.

US DOT Information

Shipping Name: Hydrogen, compressed

Hazard Class: 2.1

UN/NA #: UN1049

Required Label(s): 2.1

TDG Information

Shipping Name: Hydrogen, compressed

Hazard Class: 2.1

UN #: UN1049

Required Label(s): 2.1

ADR Information

Shipping Name: Hydrogen, compressed

Hazard Class: 2

UN #: UN1049

Required Label(s): 2.1

ADR Tunnel Code Restrictions

This list contains tunnel restriction codes for those substances and/or chemically related entries which are found in chapter 3.2 of the ADR

HYDROGEN (1333-74-0)

Restriction(s): B/D [UN1049]; B/D [UN1966]

RID Information

Shipping Name: Hydrogen, compressed

Hazard Class: 2

UN #: UN1049

Required Label(s): 2.1, (+13)

IATA Information

Shipping Name: Hydrogen, compressed

Hazard Class: 2.1

UN #: UN1049

Required Label(s): 2.1

ICAO Information

Shipping Name: Hydrogen, compressed

Hazard Class: 2.1
UN #: UN1049
Required Label(s): 2.1

IMDG Information
Shipping Name: Hydrogen, compressed
Hazard Class: 2.1
UN #: UN1049

15. Regulatory information

15.1. **Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture:**

U.S. Federal Regulations

This product is not listed under SARA Section 302 (40 CFR 355 Appendix A), SARA Section 311/312 (40 CFR 370.21), SARA Section 313 (40 CFR 372.65), CERCLA (40 CFR 302.4), TSCA 12(b), nor require an OSHA process safety plan.

SARA Section 311/312 (40 CFR 370 Subparts B and C)

Acute Health: Yes **Chronic Health:** No **Fire:** Yes **Pressure:** Yes **Reactive:** No

U.S. State Regulations

The following components appear on one or more of the following state hazardous substances lists:

Component	CAS	CA	MA	MN	NJ	PA
Hydrogen	1333-74-0	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Not listed under California Proposition 65

Germany Water Classification

HYDROGEN (1333-74-0)

ID Number 741, not considered hazardous to water

Symbol(s)



F+ Extremely Flammable

Risk Phrases

R12 Extremely flammable.

Safety Phrases

S2 Keep out of the reach of children.

SAFETY DATA SHEET according to Regulation (EC) No. 1272/2008, Regulation (EC) No.1907/2006
Hydrogen, rev 2 7/2012

S9 Keep container in a well-ventilated place.

S16 Keep away from sources of ignition - No smoking.

S33 Take precautionary measures against static discharges.

Component Analysis - Inventory

Component	CAS	US	CA	EU	AU	PH	JP	KR	CN	NZ
Hydrogen	1333-74-0	Yes	DSL	EIN	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes

Globally Harmonized System of Classification and Labelling (GHS)

Australia GHS Classifications

No published information available. This material may be hazardous according to published criteria for classification.

European Union GHS Classifications

Classifications below according to Regulation (EC) No 1272/2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures (CLP).

HYDROGEN (1333-74-0)

Flammable gases - Category 1 **H220** Extremely flammable gas.

Gases under pressure **H280** Contains gas under pressure, may explode when heated.

European Union GHS Labelling Information

Labelling information below is according to Regulation (EC) No 1272/2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures (CLP).

HYDROGEN (1333-74-0)

Symbol(s):



Signal Word: Danger

Hazard(s):

H220: Extremely flammable gas

H280: Contains gas under pressure, may explode when heated

Prevention:

P210: Keep away from heat/sparks/open flames/hot surfaces. - No smoking.

SAFETY DATA SHEET according to Regulation (EC) No. 1272/2008, Regulation (EC) No.1907/2006
Hydrogen, rev 2 7/2012

Response:

P377: Leaking gas fire: Do not extinguish, unless leak can be stopped safely.

P381: Eliminate all ignition sources if safe to do so.

Storage:

P410+P403: Protect from sunlight. Store in a well-ventilated place.

Indonesia GHS Classifications

No published information available. This material may be hazardous according to published criteria for classification.

Japan GHS Classifications

Classifications below published under Japan's Chemicals Classification Program according to the Globally Harmonized System of Classification and

Labelling of Chemicals (GHS).

HYDROGEN (1333-74-0)

Flammable gases - Category 1 **H220** Extremely flammable gas.

Gases under pressure - Compressed gas **H280** Contains gas under pressure, may explode when heated.

Gases under pressure - Refrigerated liquefied gas **H281** Contains refrigerated gas, may cause cryogenic burns or injury.

Japan GHS Labelling Information

Labelling information below according to classifications published by Japan's Chemicals Classification Program according to the Globally

Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS).

HYDROGEN (1333-74-0)**Symbol(s):**

Signal Word: Danger

Hazard(s):

H220: Extremely flammable gas

H280: Contains gas under pressure, may explode when heated

H281: Contains refrigerated gas, may cause cryogenic burns or injury

Prevention:

P210: Keep away from heat/sparks/open flames/hot surfaces. - No smoking.

P282: Wear cold insulating gloves/face shield/eye protection.

Response:

P336: Thaw frosted parts with lukewarm water. Do not rub affected area.

P315: Get immediate medical advice/attention.

P377: Leaking gas fire: Do not extinguish, unless leak can be stopped safely.

P381: Eliminate all ignition sources if safe to do so.

Storage:

P410+P403: Protect from sunlight. Store in a well-ventilated place.

Korea GHS Classifications (SV)

Classifications below published by Korea's Ministry of Environment (MOE), Ministry of Employment and Labor (MOEL) or Office of National

Emergency Management (NEMA, physical hazards only).

HYDROGEN (1333-74-0)

MOEL: Flammable gases - Category 1 **H220** Extremely flammable gas.

Gases under pressure **H280** Contains gas under pressure, may explode
when heated.

Korea GHS Labelling Information

Labelling information below according to classifications published by Korea's Ministry of Environment (MOE), Ministry of Employment and Labor (MOEL) or Office of National Emergency Management (NEMA, physical hazards only).

HYDROGEN (1333-74-0)

Symbol(s):



Signal Word: Danger

Hazard(s):

H220: Extremely flammable gas

H280: Contains gas under pressure, may explode when heated

Prevention:

P210: Keep away from heat/sparks/open flames/hot surfaces. - No smoking.

Response:

P377: Leaking gas fire: Do not extinguish, unless leak can be stopped safely.

P381: Eliminate all ignition sources if safe to do so.

Storage:

P410+P403: Protect from sunlight. Store in a well-ventilated place.

New Zealand GHS Classifications

Classifications below according to the Environmental Risk Management Authority's (ERMA) Hazardous Substances and New Organisms (HSNO) Act, as amended.

HYDROGEN (1333-74-0) Approval: HSR001002

Flammable gases - Category 1 **H220** Extremely flammable gas.

New Zealand GHS Labelling Information

Labelling information below according to classifications published by New Zealand's Environmental Risk Management Authority's (ERMA) Hazardous Substances and New Organisms (HSNO) Act, as amended.

HYDROGEN (1333-74-0)

Symbol(s):



Signal Word: Danger

Hazard(s):

H220: Extremely flammable gas

Prevention:

SAFETY DATA SHEET according to Regulation (EC) No. 1272/2008, Regulation (EC) No.1907/2006
Hydrogen, rev 2 7/2012

P210: Keep away from heat/sparks/open flames/hot surfaces. - No smoking.

Response:

P377: Leaking gas fire: Do not extinguish, unless leak can be stopped safely.

P381: Eliminate all ignition sources if safe to do so.

Storage:

P403: Store in a well-ventilated place.

South Africa GHS Classifications

Information below presented according to the South African Bureau of Standards (SANS 10234:2008 - Globally Harmonized System (GHS) of Classification and Labelling of Chemicals). The information below identifies substances with recommended GHS classifications by CAS or RR numbers and chemical names; the data field contains the word "Present" along with any clarifying information in parenthesis.

HYDROGEN (1333-74-0)

Listing: Present

Taiwan GHS Classifications

Information below presented according to Taiwan's Bureau of Standards, Metrology and Inspection (BSMI) of the Ministry of Economic Affairs. This agency has published a series of standards (CNS 15030 1-27 Chemical Classification and Labelling) which provide guidance on classification and labelling of chemicals according to GHS.

HYDROGEN (1333-74-0)

Taiwan: Flammable gases - Category 1 **H220** Extremely flammable gas.

Gases under pressure **H280** Contains gas under pressure, may explode when heated.

Taiwan GHS Labelling Information

Labelling information below according to classifications published by Taiwan's Bureau of Standards, Metrology and Inspection (BSMI) of the Ministry of Economic Affairs. This agency has published a series of standards (CNS 15030 1-27 Chemical Classification and Labelling) which provide guidance on classification and labelling of chemicals according to GHS.

HYDROGEN (1333-74-0)

Symbol(s):



Signal Word: Danger

Hazard(s):

H220: Extremely flammable gas

H280: Contains gas under pressure, may explode when heated

Prevention:

P210: Keep away from heat/sparks/open flames/hot surfaces. - No smoking.

Response:

P377: Leaking gas fire: Do not extinguish, unless leak can be stopped

safely.

P381: Eliminate all ignition sources if safe to do so.

Storage:

P410+P403: Protect from sunlight. Store in a well-ventilated place.

15.2. **Chemical Safety Assessment:**

Sipchem has not conducted a chemical safety assessment for this product.

16. Other information

16.1. Training Advice:

Provide safety information, instruction and training to operators handling Hydrogen.

The information and recommendations herein are taken from data contained in independent, industry recognized references. Although reasonable care has been taken in the preparation of the information herein, Sipchem and International Gases Company make no guarantee, warranty (express or implied) or other representation and assume no responsibility as to the accuracy or suitability of such information for application of the information, since conditions of its use are beyond control of these companies. Sipchem and International Gases Company shall not bear any liability whatsoever for any loss or damage incurred in connection with the use of this substance.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Metanol Karl Fischer Roti®hydroquant D seca, por KF titulación

número de artículo: **T193**

Versión: **3.0 es**

Reemplaza la versión de: 14.12.2015

Versión: (2)

fecha de emisión: 08.09.2015

Revisión: 27.02.2018

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Identificación de la sustancia	Metanol
Número de artículo	T193
Número de registro (REACH)	01-2119433307-44-xxxx
No de índice	603-001-00-X
Número CE	200-659-6
Número CAS	67-56-1

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados:	producto químico de laboratorio uso analítico y de laboratorio uso industrial uso profesional Uso en agentes de limpieza formulación [mezcla] de preparados y/o reenvasado (sin incluir aleaciones)
----------------------------	--

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Carl Roth GmbH + Co KG
Schoemperlenstr. 3-5
D-76185 Karlsruhe
Alemania

Teléfono: +49 (0) 721 - 56 06 0

Fax: +49 (0) 721 - 56 06 149

e-mail: sicherheit@carlroth.de

Sitio web: www.carlroth.de

Persona competente responsable de la ficha de datos de seguridad : Department Health, Safety and Environment

e-mail (persona competente) : sicherheit@carlroth.de

1.4 Teléfono de emergencia

Servicios de información para casos de emergencia

Poison Centre Munich: +49/(0)89 19240

1.5 Importador

Teléfono:

Fax:

Sitio web:

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Metanol Karl Fischer Roti®hydroquant D seca, por KF titulación

número de artículo: T193

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Clasificación según SGA			
Sección	Clase de peligro	Clase y categoría de peligro	Indicación de peligro
2.6	líquidos inflamables	(Flam. Liq. 2)	H225
3.1O	toxicidad aguda (oral)	(Acute Tox. 3)	H301
3.1D	toxicidad aguda (cutánea)	(Acute Tox. 3)	H311
3.1I	toxicidad aguda (por inhalación)	(Acute Tox. 3)	H331
3.8	toxicidad específica en determinados órganos (exposición única)	(STOT SE 1)	H370

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Palabra de advertencia

Peligro

Pictogramas



Indicaciones de peligro

H225 Líquido y vapores muy inflamables
H301+H311+H331 Tóxico en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación
H370 Provoca daños en los órganos (ojo)

Consejos de prudencia

Consejos de prudencia - prevención

P210 Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. No fumar.
P270 No comer, beber ni fumar durante su utilización.
P280 Llevar guantes/gafas de protección.

Consejos de prudencia - respuesta

P303+P361+P353 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua [o ducharse].
P304+P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración.
P308+P311 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico.

Etiquetado de los envases cuyo contenido no excede de 125 ml

Palabra de advertencia: **Peligro**

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Metanol Karl Fischer Roti®hydroquant D seca, por KF titulación

número de artículo: T193

Símbolo(s)



H301+H311+H331 Tóxico en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación.
H370 Provoca daños en los órganos (ojo).

P270 No comer, beber ni fumar durante su utilización.

P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.

P304+P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración.

P308+P311 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico.

2.3 Otros peligros

No hay información adicional.

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancias

Nombre de la sustancia	Metanol
No de índice	603-001-00-X
Número de registro (REACH)	01-2119433307-44-xxxx
Número CE	200-659-6
Número CAS	67-56-1
Fórmula molecular	CH ₄ O
Masa molar	32,04 g/mol

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios



Notas generales

Quítese inmediatamente la ropa manchada o salpicada. Protección propia del primer auxiliante.

En caso de inhalación

Llamar al médico inmediatamente. En caso de dificultades respiratorias o paro de respiración preparar respiración artificial.

En caso de contacto con la piel

En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con mucho agua.

En caso de contacto con los ojos

Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Si aparece malestar o en caso de duda consultar a un médico.

En caso de ingestión

Lavar la boca inmediatamente y beber agua en abundancia. Llamar al médico inmediatamente.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Vómitos

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Metanol Karl Fischer Roti®hydroquant D seca, por KF titulación

número de artículo: T193

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

ninguno

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción



Medios de extinción apropiados

Coordinar las medidas de extinción con los alrededores
agua pulverizada, espuma, espuma resistente al alcohol, polvo extinguidor seco, dióxido de carbono (CO₂)

Medios de extinción no apropiados

chorro de agua

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Combustible. Vapores pesan más que aire, se extienden sobre el suelo y producen con aire mezclas explosivas. Vapores pueden formar con aire una mezcla explosiva.

Productos de combustión peligrosos

En caso de incendio pueden formarse: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂)

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Luchar contra el incendio desde una distancia razonable, tomando las precauciones habituales. Llevar un aparato de respiración autónomo. Llevar traje de protección química.

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

La utilización de equipos de protección adecuados (incluido el equipo de protección personal mencionado en la sección 8 de la ficha de datos de seguridad) con el fin de evitar toda posible contaminación de la piel, los ojos y la ropa. Evitar el contacto con la piel, los ojos y la ropa. No respirar los vapores/aerosoles. Prevención de las fuentes de ignición.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Mantener el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas. Propiedades explosivas.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Consejos sobre la manera de contener un vertido

Cierre de desagües.

Indicaciones adecuadas sobre la manera de limpiar un vertido

Absorber con una sustancia aglutinante de líquidos (arena, harina fósil, aglutinante de ácidos, aglutinante universal).

Otras indicaciones relativas a los vertidos y las fugas

Colocar en recipientes apropiados para su eliminación. Ventilar la zona afectada.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Metanol Karl Fischer Roti®hydroquant D seca, por KF titulación

número de artículo: T193

6.4 Referencia a otras secciones

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5. Equipo de protección personal: véase sección 8. Materiales incompatibles: véase sección 10. Consideraciones relativas a la eliminación: véase sección 13.

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Prever una ventilación suficiente. Usar ventilador (laboratorio). Manipúlese y ábrase el recipiente con prudencia. Áreas sucias limpiar bien.

- **Medidas de prevención de incendios, así como las destinadas a impedir la formación de partículas en suspensión y polvo**



Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar.

Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas. Debido al peligro de explosión, evitar pérdidas de vapores en bodegas, alcantarillados y cunetas.

Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo

No comer ni beber durante su utilización. Después de trabajar con el produktto lavar inmediatamente bien la piel. No fumar durante su utilización.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Mantener el recipiente herméticamente cerrado.

Sustancias o mezclas incompatibles

Observe el almacenamiento compatible de productos químicos.

Atención a otras indicaciones

Guardar bajo llave. Conectar a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción.

- **Requisitos de ventilación**

Utilización de ventilación local y general.

- **Diseño específico de locales o depósitos de almacenamiento**

Temperatura de almacenaje recomendada: 15 – 25 °C.

7.3 Usos específicos finales

Noy hay información disponible.

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

Valores límites nacionales

Valores límites de exposición profesional (límites de exposición en el lugar de trabajo)

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Metanol Karl Fischer Roti®hydroquant D seca, por KF titulación

número de artículo: T193

País	Nombre del agente	No CAS	Anotación	Identificador	VLA-ED [ppm]	VLA-ED [mg/m ³]	VLA-EC [ppm]	VLA-EC [mg/m ³]	Fuente
ES	alcohol metílico	67-56-1		VLA	200	266			INSHT
EU	metanol	67-56-1		IOELV	200	260			2017/2398/UE

Anotación

- VLA-EC Valor límite ambiental-exposición de corta duración (nivel de exposición de corta duración): valor límite a partir del cual no debe producirse ninguna exposición y que hace referencia a un periodo de 15 minutos (salvo que se disponga lo contrario)
- VLA-ED Valor límite ambiental-exposición diaria (límite de exposición de larga duración): tiempo medido o calculado en relación con un periodo de referencia de una media ponderada en el tiempo de ocho horas (salvo que se disponga lo contrario)

Valores límite biológicos

País	Nombre del agente	Parámetro	Anotación	Identificador	Valor	Material	Fuente
ES	metanol	metanol		VLB	15 mg/l	orina	INSHT

DNEL/DMEL/PNEC pertinentes y otros niveles umbrales

• valores relativos a la salud humana

Parámetro	Niveles umbrales	Objetivo de protección, vía de exposición	Utilizado en	Tiempo de exposición
DNEL	260 mg/m ³	humana, por inhalación	trabajador (industria)	agudo - efectos locales
DNEL	40 mg/kg	humana, cutánea	trabajador (industria)	agudo - efectos sistémicos
DNEL	260 mg/m ³	humana, por inhalación	trabajador (industria)	agudo - efectos sistémicos
DNEL	260 mg/m ³	humana, por inhalación	trabajador (industria)	crónico - efectos locales
DNEL	40 mg/kg	humana, cutánea	trabajador (industria)	crónico - efectos sistémicos
DNEL	260 mg/m ³	humana, por inhalación	trabajador (industria)	crónico - efectos sistémicos

• valores medioambientales

Parámetro	Niveles umbrales	Compartimiento ambiental	Tiempo de exposición
PNEC	20,8 mg/l	agua dulce	corto plazo (ocasión única)
PNEC	2,08 mg/l	agua marina	corto plazo (ocasión única)
PNEC	100 mg/l	depuradora de aguas residuales (STP)	corto plazo (ocasión única)
PNEC	77 mg/kg	sedimentos de agua dulce	corto plazo (ocasión única)
PNEC	7,7 mg/kg	sedimentos marinos	corto plazo (ocasión única)
PNEC	100 mg/kg	suelo	corto plazo (ocasión única)

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Metanol Karl Fischer Roti®hydroquant D seca, por KF titulación

número de artículo: T193

8.2 Controles de exposición

Medidas de protección individual (equipo de protección personal)

Protección de los ojos/la cara



Utilizar gafas de protección con protección a los costados.

Protección de la piel



• protección de las manos

Úsense guantes adecuados. Adecuado es un guante de protección química probado según la norma EN 374. Revisar la hermeticidad/impermeabilidad antes de su uso. Para usos especiales se recomienda verificar con el proveedor de los guantes de protección, sobre la resistencia de éstos contra los productos químicos arriba mencionados.

• tipo de material

Caucho de butilo

• espesor del material

0,7mm

• tiempo de penetración del material con el que estén fabricados los guantes

>480 minutos (permeación: nivel 6)

• otras medidas de protección

Hacer períodos de recuperación para la regeneración de la piel. Están recomendados los protectores de piel preventivos (cremas de protección/pomadas).

Ropa protectora de fuego.

Protección respiratoria



Protección respiratoria es necesaria para: Formación de aerosol y niebla. Tipo: A (contra gases y vapores orgánicos con un punto de ebullición de > 65°C, código de color: marrón).

Controles de exposición medioambiental

Mantener el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Aspecto

Estado físico	Líquido (fluido)
Color	incolor
Olor	como: alcohol
Umbral olfativo	No existen datos disponibles

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Metanol Karl Fischer Roti®hydroquant D seca, por KF titulación

número de artículo: T193

Otros parámetros físicos y químicos

pH (valor)	Esta información no está disponible.
Punto de fusión/punto de congelación	-98 °C
Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	65 °C a 1.013 hPa
Punto de inflamación	9,7 °C a 1.013 hPa (vaso cerrado)
Tasa de evaporación	no existen datos disponibles
Inflamabilidad (sólido, gas)	no relevantes (fluido)
<u>Límites de explosividad</u>	
• límite inferior de explosividad (LIE)	5,5 % vol
• límite superior de explosividad (LSE)	44 % vol
Límites de explosividad de nubes de polvo	no relevantes
Presión de vapor	128 hPa a 20 °C 200 hPa a 30 °C
Densidad	0,79 g/cm³ a 20 °C
Densidad de vapor	1,11 (aire = 1)
Densidad aparente	No es aplicable
Densidad relativa	Las informaciones sobre esta propiedad no están disponibles.
<u>Solubilidad(es)</u>	
Hidrosolubilidad	miscible en cualquier proporción
<u>Coeficiente de reparto</u>	
n-octanol/agua (log KOW)	-0,77 (ECHA)
Temperatura de auto-inflamación	455 °C a 1.013 hPa - ECHA
Temperatura de descomposición	no existen datos disponibles
<u>Viscosidad</u>	
• viscosidad dinámica	0,6 mPa s a 20 °C
Propiedades explosivas	No se clasificará como explosiva
Propiedades comburentes	ninguno

9.2 Otros datos

Clase de temperatura (UE según ATEX)	T1 (Temperatura de superficie máxima admisible en el equipo: 450°C)
--------------------------------------	---

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Metanol Karl Fischer Roti®hydroquant D seca, por KF titulación

número de artículo: T193

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

Riesgo de ignición. Vapores pueden formar con aire una mezcla explosiva.

10.2 Estabilidad química

El material es estable bajo condiciones ambientales normales y en condiciones previsibles de temperatura y presión durante su almacenamiento y manipulación.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Reacciones fuertes con: Muy comburente

10.4 Condiciones que deben evitarse

No se conocen condiciones particulares que deban evitarse.

10.5 Materiales incompatibles

No hay información adicional.

10.6 Productos de descomposición peligrosos

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5.

SECCIÓN 11: Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda

Vía de exposición	Parámetro	Valor	Especie	Fuente
inhalación: vapores	LC50	128 mg/l/4h	rata	ECHA
oral	LD50	5.628 mg/kg	rata	TOXNET
oral	LDLo	143 mg/kg	humano	TOXNET
cutánea	LD50	15.800 mg/kg	conejo	TOXNET

Corrosión o irritación cutánea

No se clasificará como corrosivo/irritante para la piel.

Lesiones oculares graves o irritación ocular

No se clasificará como causante de lesiones oculares graves o como irritante ocular.

Sensibilización respiratoria o cutánea

No se clasificará como sensibilizante respiratoria o sensibilizante cutánea.

Resumen de la evaluación de las propiedades CMR

No se clasificará como mutágeno en células germinales, carcinógeno ni tóxico para la reproducción

• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Provoca daños en los órganos (ojo).

• Toxicidad específica en determinados órganos - exposición repetida

No se clasifica como tóxico específico en determinados órganos (exposición repetida).

Peligro por aspiración

No se clasifica como peligroso en caso de aspiración.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Metanol Karl Fischer Roti®hydroquant D seca, por KF titulación

número de artículo: T193

Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas

- **En caso de ingestión**

no se dispone de datos

- **En caso de contacto con los ojos**

no se dispone de datos

- **En caso de inhalación**

no se dispone de datos

- **En caso de contacto con la piel**

no se dispone de datos

Otros datos

Ninguno

SECCIÓN 12: Información ecológica

12.1 Toxicidad

según 1272/2008/CE: No se clasificará como peligroso para el medio ambiente acuático.

Toxicidad acuática (aguda)

Parámetro	Valor	Especie	Fuente	Tiempo de exposición
LC50	15.400 mg/l	pez sol de agallas azules (Lepomis macrochirus)	ECHA	96 h
EC50	12.700 mg/l	pez sol de agallas azules (Lepomis macrochirus)	ECHA	96 h
ErC50	22.000 mg/l	Pseudokirchneriella subcapitata	ECHA	96 h

Toxicidad acuática (crónica)

Parámetro	Valor	Especie	Fuente	Tiempo de exposición
LOEC	47,49 mg/l	pez	ECHA	90 d
NOEC	23,75 mg/l	pez	ECHA	90 d

12.2 Procesos de degradación

La sustancia es fácilmente biodegradable.

Demanda Teórica de Oxígeno: 1.500 mg/g

Dióxido de Carbono Teórico: 1,374 mg/mg

Demanda Bioquímica de Oxígeno: 600 – 1.120 mg/g a 5 h

Proceso	Velocidad de degradación	Tiempo
biótico/abiótico	99 %	30 d
desaparición de oxígeno	76 %	5 d

12.3 Potencial de bioacumulación

Se enriquece en organismos insignificadamente.

n-octanol/agua (log KOW)

-0,77

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Metanol Karl Fischer Roti®hydroquant D seca, por KF titulación

número de artículo: T193

12.4 Movilidad en el suelo

No se dispone de datos.

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

No se dispone de datos.

12.6 Otros efectos adversos

No se dispone de datos.

SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

13.1 Métodos para el tratamiento de residuos



Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos. Eliminar el contenido/el recipiente de conformidad con la normativa local, regional, nacional o internacional.

Información pertinente para el tratamiento de las aguas residuales

No tirar los residuos por el desagüe.

Tratamiento de residuos de recipientes/embalajes

Es un residuo peligroso; solamente pueden usarse envases que han sido aprobado (p.ej. conforme a ADR).

Información pertinente para el tratamiento de las aguas residuales

No tirar los residuos por el desagüe.

Tratamiento de residuos de recipientes/embalajes

Es un residuo peligroso; solamente pueden usarse envases que han sido aprobado (p.ej. conforme a ADR).

13.2 Disposiciones sobre prevención de residuos

La coordinación de los números de clave de los residuos/marcas de residuos según CER hay que efectuarla espedífcamente de ramo y proceso.

13.3 Observaciones

Los residuos se deben clasificar en las categorías aceptadas por los centros locales o nacionales de tratamiento de residuos. Por favor considerar las disposiciones nacionales o regionales pertinentes.

SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

14.1	Número ONU	1230
14.2	Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	METANOL
	Componentes peligrosos	Metanol
14.3	Clase(s) de peligro para el transporte	



Clase

3 (líquidos inflamables)

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Metanol Karl Fischer Roti®hydroquant D seca, por KF titulación

número de artículo: T193

14.4	Grupo de embalaje	II (materia medianamente peligrosa)
14.5	Peligros para el medio ambiente	ninguno (no peligroso para el medio ambiente conforme al reglamento para el transporte de mercancías peligrosas)
14.6	Precauciones particulares para los usuarios Las disposiciones concernientes a las mercancías peligrosas (ADR) se deben cumplir dentro de las instalaciones.	
14.7	Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL y del Código IBC El transporte a granel de la mercancía no esta previsto.	
14.8	Información para cada uno de los Reglamentos tipo de las Naciones Unidas • Transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable (ADR/RID/ADN)	
	Número ONU	1230
	Designación oficial	METANOL
	Menciones en la carta de porte	UN1230, METANOL, 3 (6.1), II, (D/E)
	Clase	3
	Código de clasificación	FT1
	Grupo de embalaje	II
	Etiqueta(s) de peligro	3+6.1
	Disposiciones especiales (DE)	279, 802(ADN)
	Cantidades exceptuadas (CE)	E2
	Cantidades limitadas (LQ)	1 L
	Categoría de transporte (CT)	2
	Código de restricciones en túneles (CRT)	D/E
	Número de identificación de peligro	336
	• Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG)	
	Número ONU	1230
	Designación oficial	METHANOL
	Designaciones indicadas en la declaración del expedidor (shipper's declaration)	UN1230, METANOL, 3 (6.1), II, 9,7°C c.c.
	Clase	3
	Riesgo(s) subsidiario(s)	6.1
	Contaminante marino	-
	Grupo de embalaje	II
	Etiqueta(s) de peligro	3+6.1

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Metanol Karl Fischer Roti®hydroquant D seca, por KF titulación

número de artículo: T193



Disposiciones especiales (DE)	279
Cantidades exceptuadas (CE)	E2
Cantidades limitadas (LQ)	1 L
EmS	F-E, S-D
Categoría de estiba (stowage category)	B

• Organización de Aviación Civil Internacional (OACI-IATA/DGR)

Número ONU	1230
Designación oficial	Metanol
Designaciones indicadas en la declaración del expedidor (shipper's declaration)	UN1230, Metanol, 3 (6.1), II
Clase	3
Riesgo(s) subsidiario(s)	6.1
Grupo de embalaje	II
Etiqueta(s) de peligro	3+6.1



Disposiciones especiales (DE)	A113
Cantidades exceptuadas (CE)	E2
Cantidades limitadas (LQ)	1 L

SECCIÓN 15: Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Disposiciones pertinentes de la Unión Europea (UE)

• Reglamento 649/2012/UE relativo a la exportación e importación de productos químicos peligrosos (PIC)

No incluido en la lista.

• Reglamento 1005/2009/CE sobre las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)

No incluido en la lista.

• Reglamento 850/2004/CE sobre contaminantes orgánicos persistentes (POP)

No incluido en la lista.

• Restricciones conforme a REACH, Anexo XVII

Nombre de la sustancia	No CAS	%M	Tipo de registro	No
Metanol		100	1907/2006/EC anexo XVII	3
Metanol		100	1907/2006/EC anexo XVII	40

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Metanol Karl Fischer Roti®hydroquant D seca, por KF titulación

número de artículo: T193

- **Lista de sustancias sujetas a autorización (REACH, Anexo XIV)**

no incluido en la lista

- **Directiva Seveso**

2012/18/UE (Seveso III)				
No	Sustancia peligrosa/categorías de peligro	Cantidades umbral (en toneladas) de aplicación de los requisitos de nivel inferior e superior		Notas
22	metanol	500	5.000	

- **Limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas pinturas y barnices y en los productos de renovación del acabado de vehículo (2004/42/CE, Directiva Decopaint)**

Contenido de COV 100 %

- **Directiva sobre emisiones industriales (COVs, 2010/75/UE)**

Contenido de COV 100 %

- **Directiva 2011/65/UE sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RoHS) - Anexo II**

no incluido en la lista

- **Reglamento 166/2006/CE relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y transferencias de contaminantes (PRTR)**

no incluido en la lista

- **Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas**

no incluido en la lista

Catálogos nacionales

La sustancia es enumerada en los siguientes inventarios nacionales:

País	Catálogos nacionales	Estatuto
AU	AICS	la sustancia es enumerada
CA	DSL	la sustancia es enumerada
CN	IECSC	la sustancia es enumerada
EU	ECSI	la sustancia es enumerada
EU	REACH Reg.	la sustancia es enumerada
JP	CSCL-ENCS	la sustancia es enumerada
KR	KECI	la sustancia es enumerada
MX	INSQ	la sustancia es enumerada
NZ	NZIoC	la sustancia es enumerada
PH	PICCS	la sustancia es enumerada
TR	CICR	la sustancia es enumerada
TW	TCSI	la sustancia es enumerada
US	TSCA	la sustancia es enumerada

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Metanol Karl Fischer Roti®hydroquant D seca, por KF titulación

número de artículo: T193

Leyenda

AICS	Australian Inventory of Chemical Substances
CICR	Chemical Inventory and Control Regulation
CSCL-ENCS	List of Existing and New Chemical Substances (CSCL-ENCS)
DSL	Domestic Substances List (DSL)
ECSI	CE inventario de sustancias (EINECS, ELINCS, NLP)
IECSC	Inventory of Existing Chemical Substances Produced or Imported in China
INSQ	Inventario Nacional de Sustancias Químicas
KECI	Korea Existing Chemicals Inventory
NZIoC	New Zealand Inventory of Chemicals
PICCS	Philippine Inventory of Chemicals and Chemical Substances
REACH Reg.	Sustancias registradas REACH
TCSI	Taiwan Chemical Substance Inventory
TSCA	Ley de Control de Sustancias Tóxicas

15.2 Evaluación de la seguridad química

No se ha realizado una evaluación de la seguridad química de esta sustancia.

SECCIÓN 16: Otra información

16.1 Indicación de modificaciones (ficha de datos de seguridad revisada)

Sección	Inscripción anterior (texto/valor)	Inscripción actual (texto/valor)	Relevante para la seguridad
2.1	Observaciones: Véase el texto completo de las frases H y EUH en la SECCIÓN 16.		sí
2.2		Pictogramas: modificación en el listado (tabla)	sí
2.2		Indicaciones de peligro: modificación en el listado (tabla)	sí
2.2		Consejos de prudencia - prevención: modificación en el listado (tabla)	sí
2.2		Consejos de prudencia - respuesta: modificación en el listado (tabla)	sí
2.2		Etiquetado de los envases cuyo contenido no excede de 125 ml: modificación en el listado (tabla)	sí
2.2		Etiquetado de los envases cuyo contenido no excede de 125 ml: modificación en el listado (tabla)	sí
2.2		Etiquetado de los envases cuyo contenido no excede de 125 ml: modificación en el listado (tabla)	sí
8.1		Valores límites de exposición profesional (límites de exposición en el lugar de trabajo): modificación en el listado (tabla)	sí
8.1		• valores medioambientales: modificación en el listado (tabla)	sí
14.3	Clase(s) de peligro para el transporte	Clase(s) de peligro para el transporte: peligro clase 3 - líquidos inflamables peligro clase 6.1 - sustancias tóxicas	sí
14.8	Menciones en la carta de porte: UN1230, METANOL, (metanol), 3 (6.1), II, (D/E)	Menciones en la carta de porte: UN1230, METANOL, 3 (6.1), II, (D/E)	sí
14.8	Designaciones indicadas en la declaración del expedidor (shipper's declaration): UN1230, METANOL, (metanol), 3 (6.1), II, 9.7°C c.c.	Designaciones indicadas en la declaración del expedidor (shipper's declaration): UN1230, METANOL, 3 (6.1), II, 9.7°C c.c.	sí

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Metanol Karl Fischer Roti®hydroquant D seca, por KF titulación

número de artículo: T193

Sección	Inscripción anterior (texto/valor)	Inscripción actual (texto/valor)	Relevante para la seguridad
14.8		Contaminante marino: -	sí
14.8		• Organización de Aviación Civil Internacional (OACI-IATA/DGR)	sí
14.8		Número ONU: 1230	sí
14.8		Designación oficial: Metanol	sí
14.8		Designaciones indicadas en la declaración del expedidor (shipper's declaration): UN1230, Metanol, 3 (6.1), II	sí
14.8		Clase: 3	sí
14.8		Riesgo(s) subsidiario(s): 6.1	sí
14.8		Grupo de embalaje: II	sí
14.8		Etiqueta(s) de peligro: 3+6.1	sí
14.8		Etiqueta(s) de peligro: modificación en el listado (tabla)	sí
14.8		Disposiciones especiales (DE): A113	sí
14.8		Cantidades exceptuadas (CE): E2	sí
14.8		Cantidades limitadas (LQ): 1 L	sí

Abreviaturas y los acrónimos

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
2017/2398/UE	Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se modifica la Directiva 2004/37/CE relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos durante el trabajo
ADN	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Vías Navegables Interiores)
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera)
CAS	Chemical Abstracts Service (número identificador único carente de significado químico)
CLP	Reglamento (CE) no 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado (Classification, Labelling and Packaging) de sustancias y mezclas
CMR	Carcinógeno, Mutágeno o tóxico para la Reproducción
COV	compuestos orgánicos volátiles
DGR	Dangerous Goods Regulations (reglamento para el transporte de mercancías peligrosas, véase IATA/DGR)
DMEL	Derived Minimal Effect Level (nivel derivado con efecto mínimo)
DNEL	Derived No-Effect Level (nivel sin efecto derivado)

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Metanol Karl Fischer Roti®hydroquant D seca, por KF titulación

número de artículo: T193

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
EINECS	European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (catálogo europeo de sustancias químicas comercializadas)
ELINCS	European List of Notified Chemical Substances (lista europea de sustancias químicas notificadas)
EmS	Emergency Schedule (programa de emergencias)
IATA	Asociación Internacional de Transporte Aéreo
IATA/DGR	Dangerous Goods Regulations (DGR) for the air transport (IATA) (Reglamento para el transporte de mercancías peligrosas por aire)
IMDG	International Maritime Dangerous Goods Code (código marítimo internacional de mercancías peligrosas)
INSHT	Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos, INSHT
IOELV	valor límite de exposición profesional indicativo
MARPOL	el convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (abr. de "Marine Pollutant")
mPmB	muy persistente y muy bioacumulable
NLP	No-Longer Polymer (ex-polímero)
No de índice	el número de clasificación es el código de identificación que se da a la sustancia en la parte 3 del el anexo VI del Reglamento (CE) no 1272/2008
OACI	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
PBT	Persistente, Bioacumulable y Tóxico
PNEC	Predicted No-Effect Concentration (concentración prevista sin efecto)
ppm	partes por millón
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (registro, evaluación, autorización y restricción de las sustancias y preparados químicos)
RID	Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses (Reglamento referente al transporte internacional por ferrocarril de mercancías peligrosas)
SGA	"Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de sustancias químicas" elaborado por Naciones Unidas
VLA	valor límite ambiental
VLA-EC	valor límite ambiental-exposición de corta duración
VLA-ED	valor límite ambiental-exposición diaria

Principales referencias bibliográficas y fuentes de datos

- Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH), modificado por 2015/830/UE
- Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP, UE SGA)
- Dangerous Goods Regulations (DGR) for the air transport (IATA) (Reglamento para el transporte de mercancías peligrosas por aire)
- Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG)

Frases pertinentes (código y texto completo como se expone en el capítulo 2 y 3)

Código	Texto
H225	líquido y vapores muy inflamables
H301	tóxico en caso de ingestión
H311	tóxico en contacto con la piel
H331	tóxico en caso de inhalación

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE



Metanol Karl Fischer Roti®hydroquant D seca, por KF titulación

número de artículo: T193

Código	Texto
H370	provoca daños en los órganos (ojo)

Cláusula de exención de responsabilidad

La información en ésta hoja de datos de seguridad corresponden al leal saber de nuestros conocimiento el día de impresión. Las informaciones deben de ser puntos de apoyo para un manejo seguro de productos mencionados en esta hoja de seguridad para el almacenamiento, elaboración, transporte y eliminación. Las indicaciones no se pueden traspasar a otros productos. Mientras el producto sea mezclado o elaborado con otros materiales, las indicaciones de esta hoja de seguridad no se pueden traspasar así al agente nuevo.

Ficha de Datos de Seguridad

ACOFARMA

Conforme al Reglamento (CE) N° 1907/2006 (REACH)

Denominación: Manitol

1.- Identificación de la sustancia o del preparado y de la sociedad o empresa

Identificación de la sustancia o del preparado

Denominación: Manitol

Identificación de la sociedad o empresa: Acofarma Distribución S.A.
Llobregat, 20
08223-Terrassa. España.
Tel: 93 736 00 88 / Fax: 93 785 93 62

Teléfono de urgencias: Instituto Nacional de Toxicología. Madrid. Tel: 91 562 04 20

2.- Identificación de los peligros

Clasificación de la sustancia o de la mezcla

No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) n° 1272/2008

Esta sustancia no está clasificada como peligrosa según la Directiva 67/548/CEE.

Elementos de la etiqueta

El producto no necesita ser etiquetado de acuerdo con las directivas de la Comunidad Europea ó las respectivas leyes nacionales.

Otros Peligros - ninguno(a)

3.- Composición/información sobre los componentes

CAS-Nº:69-65-8

EINECS-Nº:200-711-8

PM: 182,17

Fórmula molecular: $C_6H_{14}O_6$

4.- Primeros auxilios

Inhalación: Llevar al aire libre en caso de exposición excesiva al polvo, consultar a un medico en caso de tos persistente.

Contacto con los ojos: Enjuagar con mucha agua, consultar un especialista en caso de irritación persistente.

Contacto con la piel: Lavar con agua y jabón.

Ingestión: Producto sin peligro en caso de ingestión, consultar a un medico si es necesario en caso de ingestión masiva provoca laxación y diarrea.

5.- Medidas de lucha contra incendios

Ficha de Datos de Seguridad

ACOFARMA

Conforme al Reglamento (CE) N° 1907/2006 (REACH)

Denominación: Manitol

Medios de extinción recomendados: Agua pulverizada

Medios de extinción a excluir: CO₂: Inactivo.

Polvo: riesgo de formación de una nube de polvo.

6.- Medidas a tomar en caso de vertido accidental

Precauciones individuales: Respetar las consignas de protección \$8

Protección del ambiente: Producto sin riesgo para el medio ambiente (biodegradable).

Métodos de limpieza: Recoger por medios mecánicos, aspirar, y luego limpiar con agua para la eliminación de residuos, ver \$ 13

7.- Manipulación y almacenamiento

Manipulación

Medidas técnicas: Respetar las consignas de protección individuales \$8. Los locales en los que puedan producirse polvo deben identificarse por zonas y acondicionarse según la Directiva ATEX. (*)

Precauciones: Evitar la formación o la dispersión de polvo en la atmosfera.

Consejos de utilización: Recomendaciones generales relativas a la manipulación de productos en polvo. Toda manipulación y/o almacenamiento de productos deben adaptarse a las características de explosividad de cada producto, considerándose como conocidas por el cliente, este sigue siendo el único responsable y debe, por consiguiente, tomar las medidas necesarias para evitar el riesgo de accidente /en particular de explosión) y/o alteración de dicho producto. (*)

Almacenamiento

Medidas técnicas: Los silos de almacenamiento a granel deben estar en conformidad con la Directiva ATEX. (*)

Condiciones de almacenamiento: Almacenar en lugar seco y fresco.

Materias incompatibles: Oxidantes fuertes.

Materiales de embalaje: Contenedor flexible, bidón de cartón y polietileno, saco de polietileno y papel.

8.- Controles de exposición/protección personal

Parámetros de exposición: Respetar la reglamentación nacional aplicable al polvo total no específico.

Ficha de Datos de Seguridad

ACOFARMA

Conforme al Reglamento (CE) N° 1907/2006 (REACH)

Denominación: Manitol

VME: $\leq 10 \text{ mg/m}^3$

Equipamientos de protección individual

Protección respiratoria: Llevar una mascarilla en caso de formación de polvo.

Protección de los ojos: Llevar gafas adecuadas en caso de formación de polvo.

Protección de las manos: No necesario.

Protección cutánea: No hay protección específica.

Medidas de higiene específica: Medidas generales de higiene relativas a la manipulación de productos químicos.

9.- Propiedades físicas y químicas

Estado físico: Polvo

Color: Blanco

Olor: Neutro

pH (Concentración): 5,5 – 6,5 al 20%

Temperatura de ebullición: No aplicable

Temperatura de auto inflamación: 460 grados C (GG en polvo)

Características de explosividad: energía min. De inflamación: 31 mJ aprox.

Presión Max. De explosión: 8,6 bar aprox.

KST : 133 bar m/s aprox.

Clase (VID 3673 ST) : 1

Concentración min. de explosión : 30 a 60 g/m³

(Fuente INERIS, por analogía al manitol 35)

Masa volumétrica: 0,60 kg/l aprox.

Solubilidad: soluble a 20 grados C (250 g/l aprox)

10.- Estabilidad y reactividad

Estabilidad: Estable así se respeta las condiciones de almacenamiento \$7

Reacciones peligrosas: Mezcla aire/polvo (riesgo de explosión)

Materias a evitar: Oxidantes fuertes

Productos de descomposición peligrosos: Productos típicos de descomposición: mono y dióxido de carbono, agua y oxígeno.

11.- Información toxicológica

Toxicidad aguda: DL50: No disponible

Efectos locales: Ligeramente irritante por roces mecánicos en la piel para personas sensibles.

Otros datos: No se le conoce toxicidad.

Ficha de Datos de Seguridad

ACOFARMA

Conforme al Reglamento (CE) N° 1907/2006 (REACH)

Denominación: Manitol

12.- Informaciones ecológicas

Persistencia/Degradabilidad: Producto biodegradable

Bioacumulación: No aplicable, producto metabolizado por los organismos.

Ecotoxicidad: CL50: No disponible

13.- Consideraciones relativas a la eliminación

Tratamiento de los residuos: Puede ser eliminado como desecho sólido (desecho industrial común) o incinerado en una instalación autorizada de acuerdo con la legislación vigente.

Envases contaminados: Envase de uso único a valorizar o eliminar según condiciones locales aplicables.

14.- Información relativa al transporte

Reglamentación transporte: No aplicable

Numero ONU: No afectado

	<u>RID/ADR</u>	<u>RTMDR</u>	<u>IMDG</u>	<u>IATA/OACI</u>
Clase:	n a	n a	n a	n a
Grupo, cifra, página:				
Etiquetas:				
Código peligroso:				
Código materia:				

15.- Información Reglamentaria

La hoja técnica de seguridad cumple con los requisitos de la Reglamento (CE) No. 1907/2006.

16.- Otras informaciones

Texto de códigos H y frases R mencionadas en la sección 2

Fecha de emisión: 04/09/2013

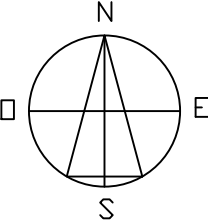
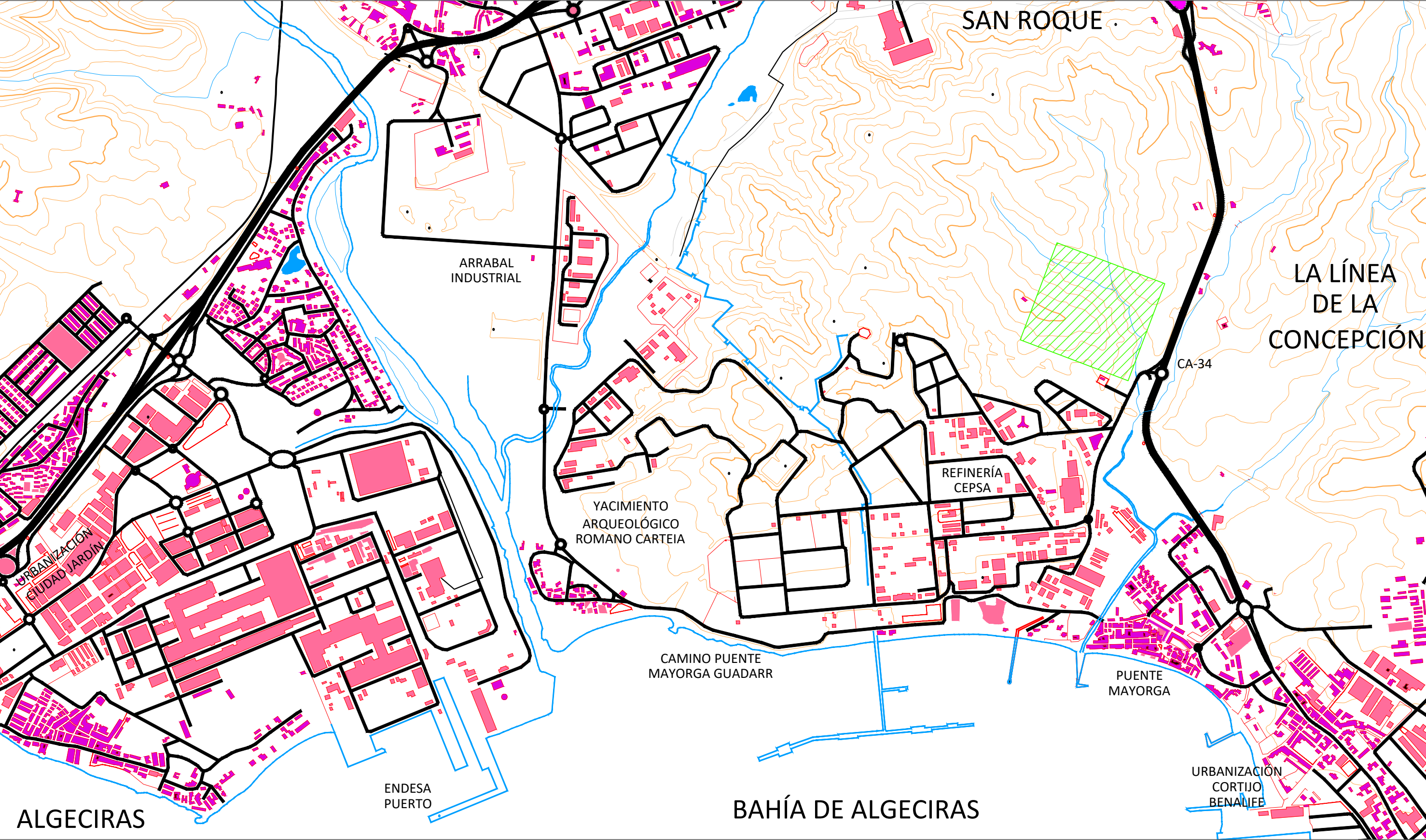
Los datos suministrados en esta ficha de seguridad se basan en nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de este producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.

DOCUMENTO II. PLANOS

Planta de producción de etil-glicol (etano-1,2-diol) a partir de
óxido de etileno

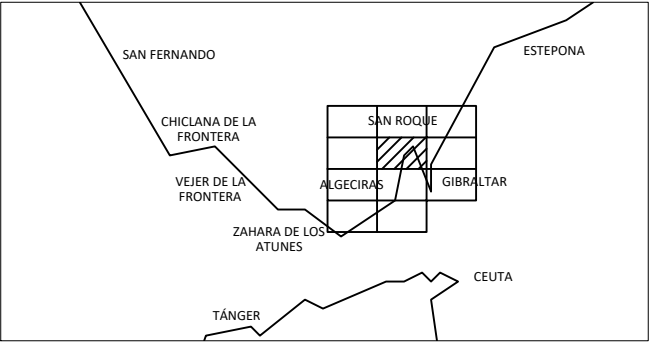
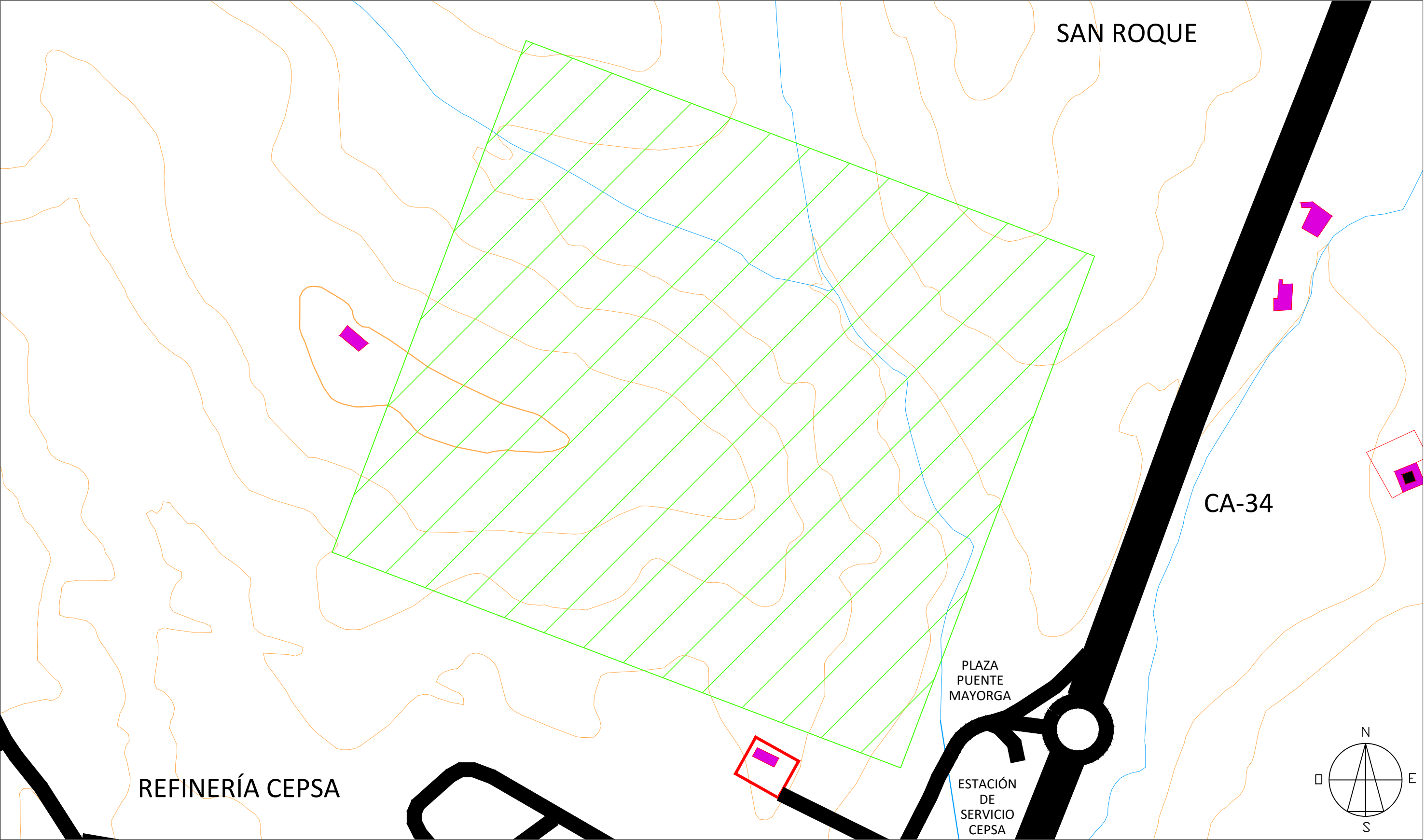
ÍNDICE DOCUMENTO II

- Plano 1. Plano de situación de la parcela
- Plano 2A. Plano de emplazamiento
- Plano 2B. Plano de emplazamiento
- Plano 3. Plano de implantación
- Plano 4. Diagrama de flujo (PFD)
- Plano 5A. Diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID)
- Plano 5B. Diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID) - reactores R-101/R-102/R-103
- Plano 5C. Diagrama de instrumentación y tuberías (P&ID) - torres de extracción T-101/T-102/T-103
- Plano 6A. Planos de construcción reactores R-101/R-102/R-103
- Plano 6B. Planos de construcción torres de extracción T-101/T-102/T-103





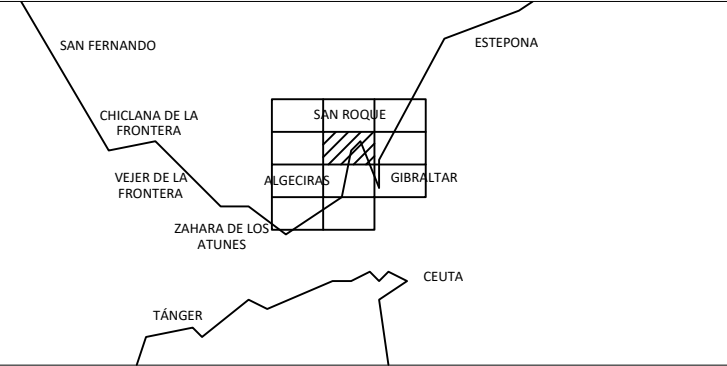
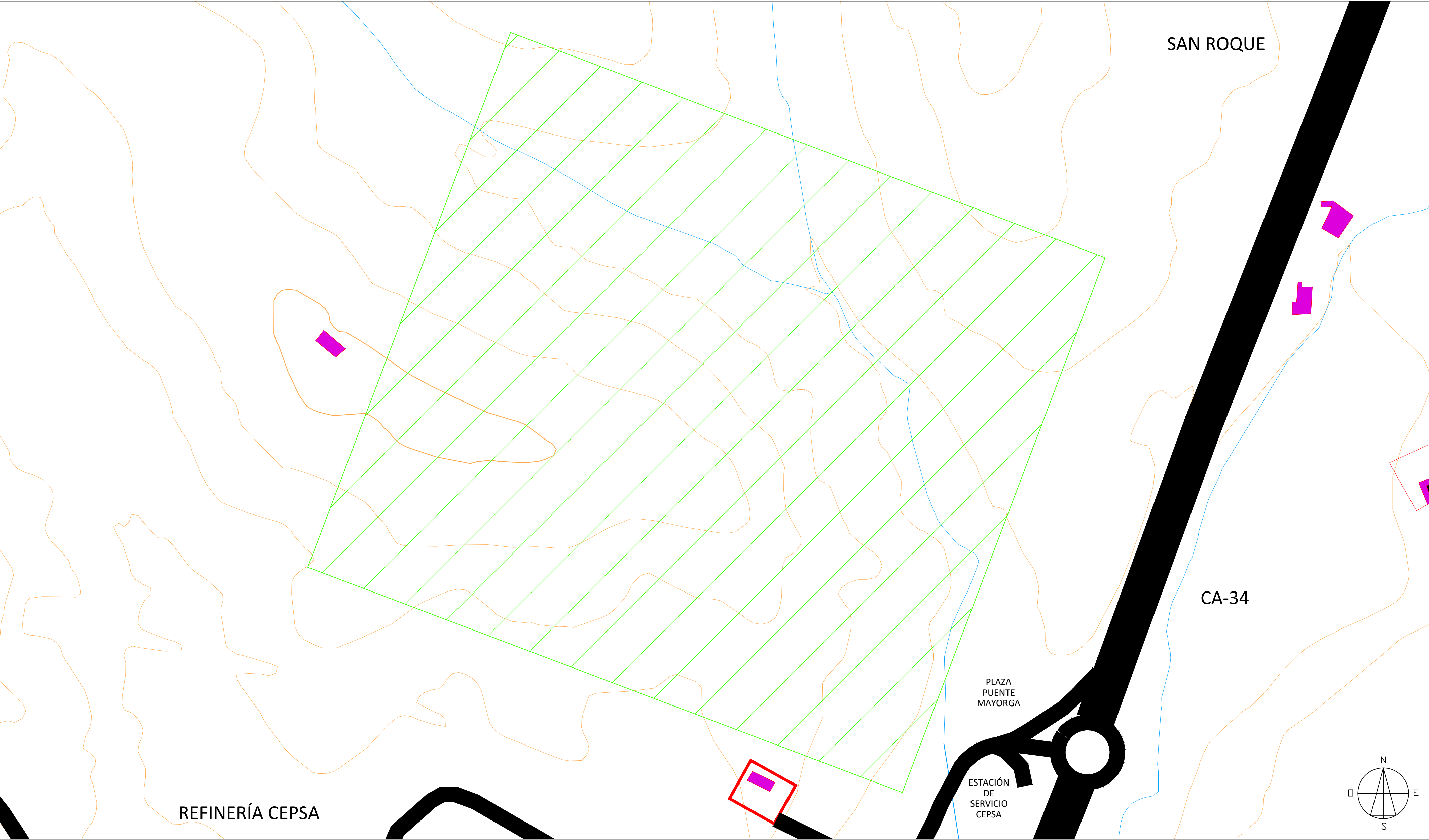
LEYENDA	
	Carreteras
	Límites de las masas de agua
	Curvas de nivel
	Límites de la parcela

ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE ENXEÑARÍA		UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA	
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ETIL-GLICOL A PARTIR DE ÓXIDO DE ETILENO			
Titulo de plano:		Adaptación Instituto Geográfico Nacional	
PLANO DE SITUACIÓN DE LA PARCELA			
Autores: HUGO DEL VALLE CORTE ALFONSO VIDAL MARTÍNEZ		Escala: 1/15000	Fecha: 2 de Julio de 2018
		Nº de plano: 1	Firmas:  



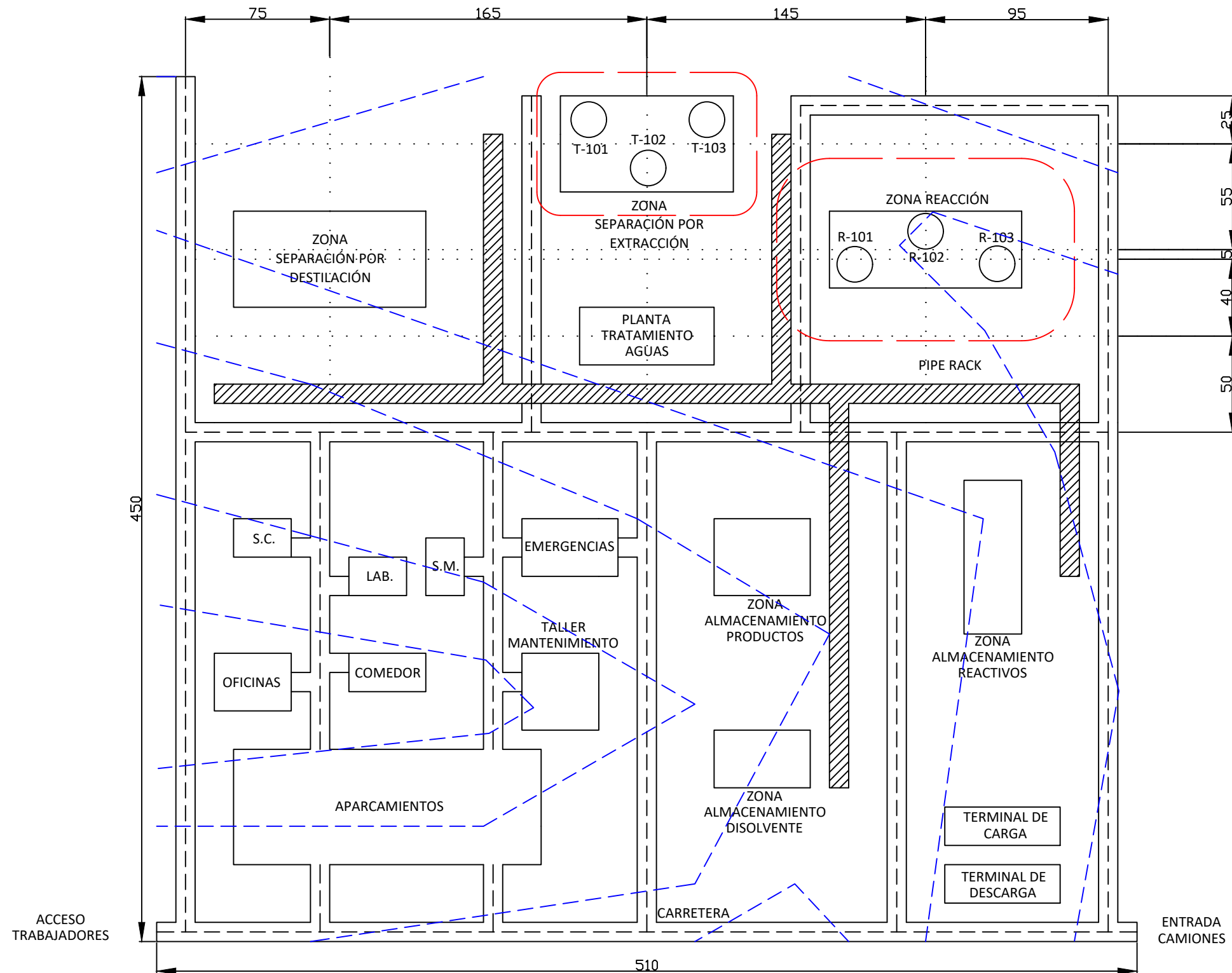
LEYENDA	
	Carreteras
	Límites de las masas de agua
	Curvas de nivel
	Límites de la parcela

ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE ENXEÑARÍA		UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA	
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ETIL-GLICOL A PARTIR DE ÓXIDO DE ETILENO			
Título de plano: PLANO DE EMPLAZAMIENTO		Adaptación Instituto Geográfico Nacional	
Autores: HUGO DEL VALLE CORTE ALFONSO VIDAL MARTÍNEZ		Escala: 1/3000	Fecha: 2 de Julio de 2018
		Nº de plano: 2A	Firmas:  



LEYENDA	
	Carreteras
	Límites de las masas de agua
	Curvas de nivel
	Límites de la parcela

ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE ENSEÑARÍA		UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA	
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ETIL-GLICOL A PARTIR DE ÓXIDO DE ETILENO			
Título de plano: PLANO DE EMPLAZAMIENTO		Adaptación Instituto Geográfico Nacional	
Autores: HUGO DEL VALLE CORTE ALFONSO VIDAL MARTÍNEZ		Escala: 1/2000 Nº de plano: 2B	Fecha: 2 de Julio de 2018 Firmas:  



LEYENDA

- S.C.: Sala de control
- S.M.: Servicio médico
- LAB.: Laboratorios
- Curvas de nivel
- Distancia de afectación del índice DOW
- · · Ejes de las unidades

ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE ENXEÑARÍA

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ETIL-GLICOL A PARTIR DE ÓXIDO DE ETILENO

Título de plano:

PLANO DE IMPLANTACIÓN

Autores:

HUGO DEL VALLE CORTE
ALFONSO VIDAL MARTÍNEZ

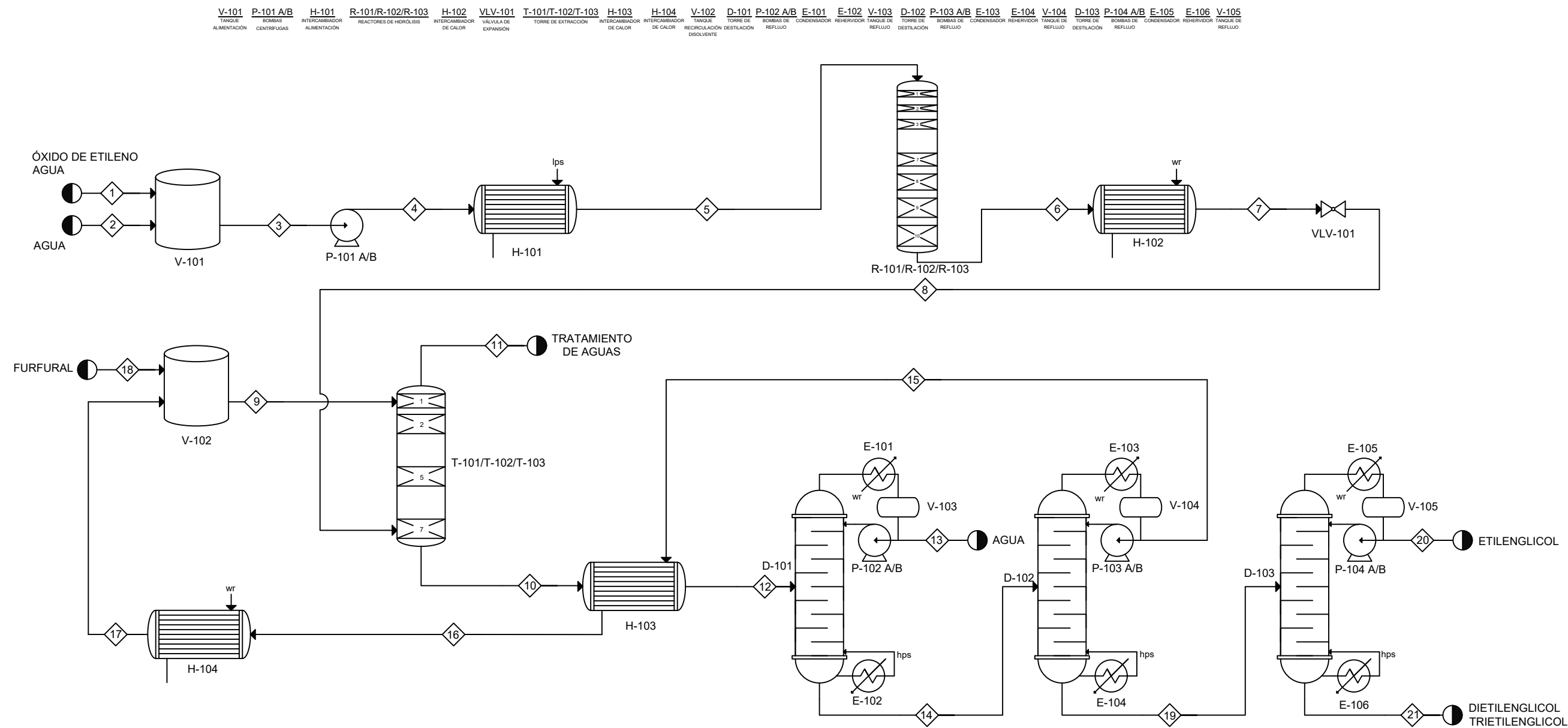
Escala: 1/2500

Nº de plano: 3

Fecha: 2 de Julio de 2018

Firmas:

[Firmas manuscritas]



Corriente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Temperatura (°C)	25	25	25	25	84	104	25	25	25	25	25	60	100	183	162	39	25	25	199	197	240
Presión (bar)	1,01	1,01	1,01	4,41	4,41	4,36	4,36	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
Fase	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Flujo másico total (kg/h)	157030	82080	239110	239110	239110	239110	239110	239110	80215	204942	114382	204942	29138	175804	69932	69932	69932	10283	105873	94697	11176
Flujo molar total (kmol/h)	6140	4555	10694	10694	10694	8930	8930	8930	835	3975	5789	3975	1617	2358	728	728	728	107	1631	1525	106
Flujo molar por componente (kmol/h)																					
Óxido de etileno	1782	0	1782	1782	1782	18	18	18	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agua	4357	4555	8912	8912	8912	7253	7253	7253	0	1617	5636	1617	1617	0	0	0	0	0	0	0	0
Etilenglicol	0	0	0	0	0	1562	1562	1562	0	1534	28	1534	0	1534	0	0	0	0	1534	1524	9
Dietilenglicol	0	0	0	0	0	88	88	88	0	88	0	88	0	88	0	0	0	0	88	1	87
Trietilenglicol	0	0	0	0	0	9	9	9	0	9	0	9	0	9	0	0	0	0	9	0	9
Furfural	0	0	0	0	0	0	0	0	835	728	107	728	0	728	728	728	728	107	0	0	0

LEYENDA

lps: vapor de baja presión
hps: vapor de alta presión
wr: agua de río

ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE ENXEÑARÍA

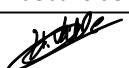

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ETIL-GLICOL A PARTIR DE ÓXIDO DE ETILENO

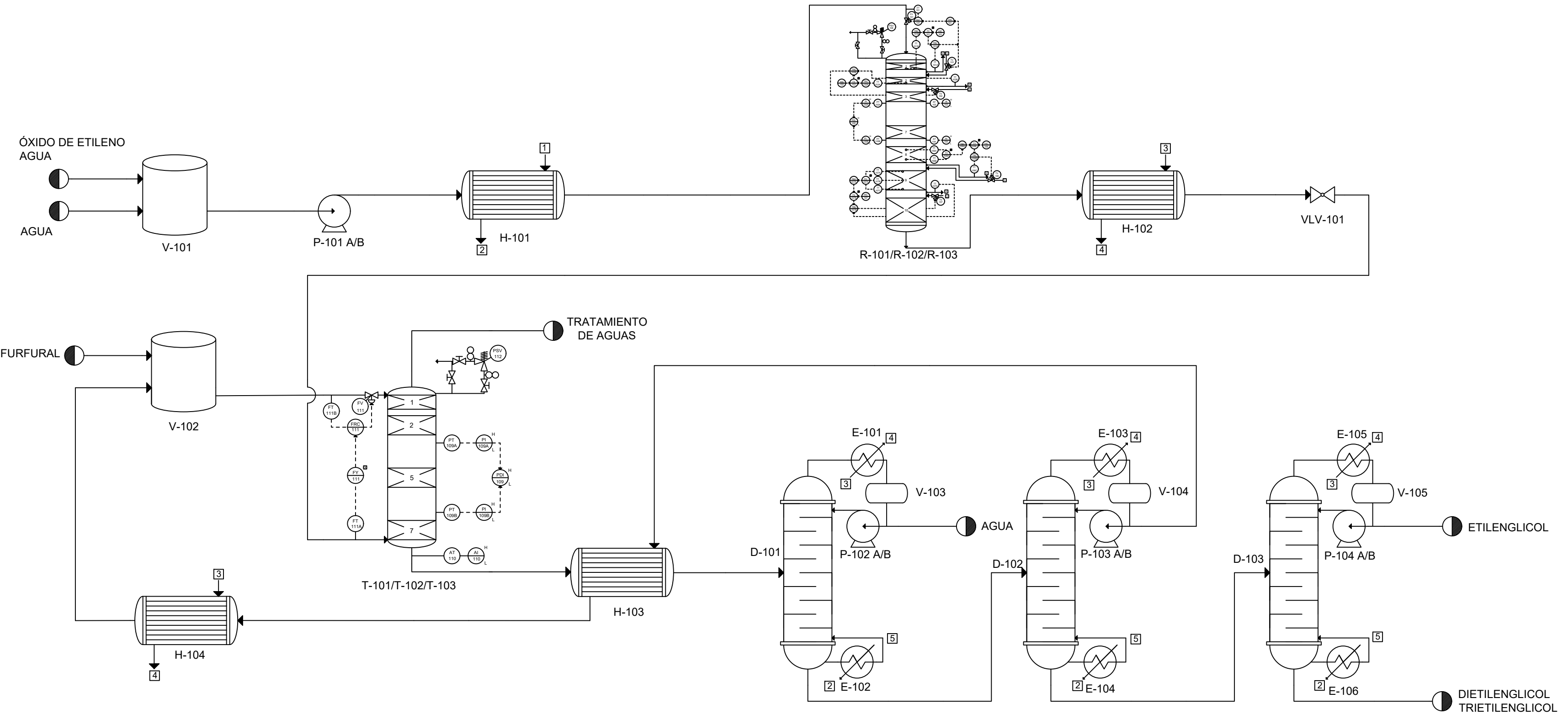
Título de plano:
DIAGRAMA DE FLUJO (PFD)

Autores:
HUGO DEL VALLE CORTE
ALFONSO VIDAL MARTÍNEZ

Escala: S/E
Nº de plano: 4

Fecha: 2 de Julio de 2018
Firmas:  

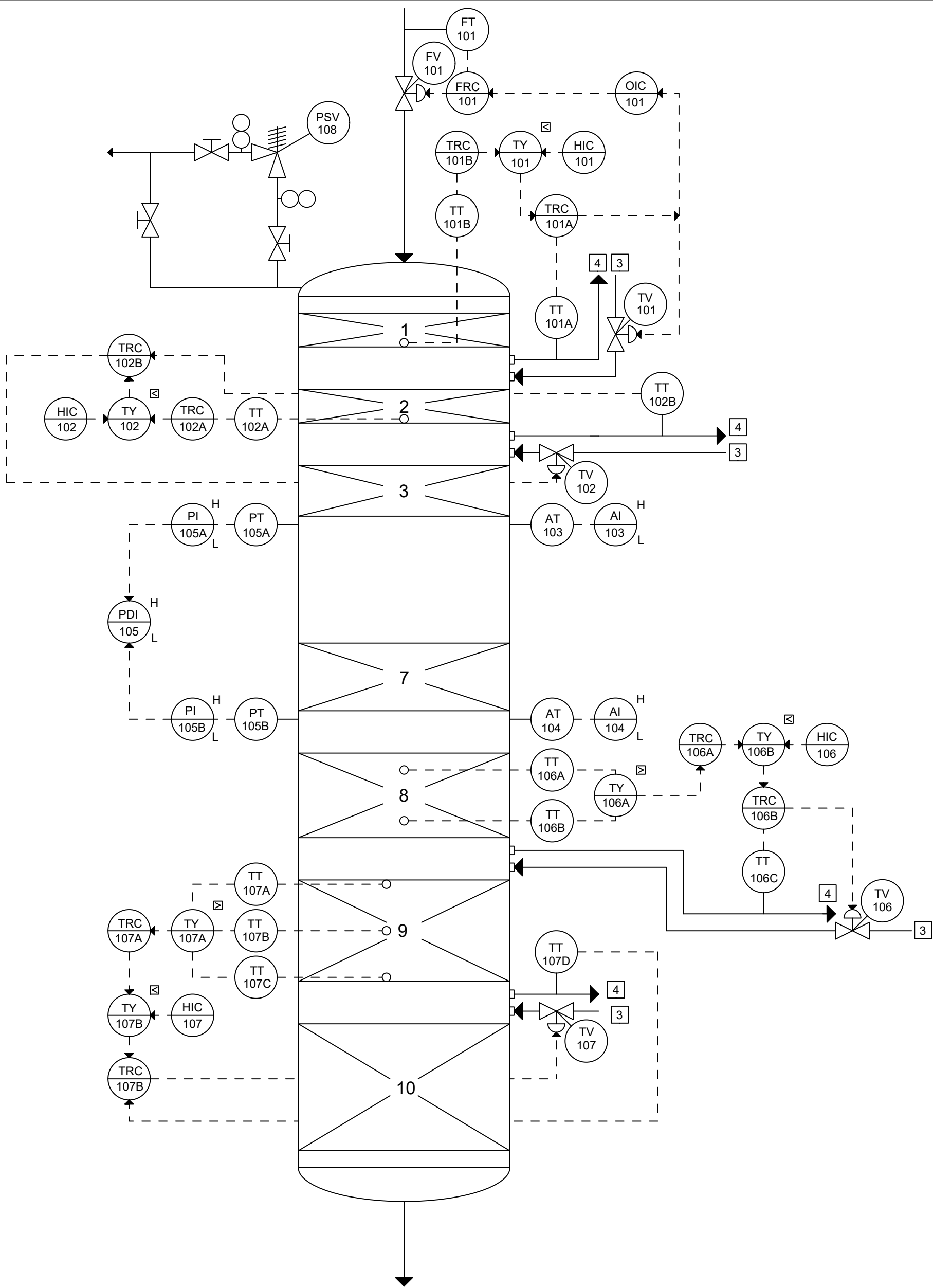
V-101 TANQUE ALIMENTACIÓN
P-101 A/B BOMBAS CENTRIFUGAS
H-101 INTERCAMBIADOR ALIMENTACIÓN
R-101/R-102/R-103 REACTORES DE HIDRÓLISIS
H-102 INTERCAMBIADOR DE CALOR
VLV-101 VÁLVULA DE EXPANSIÓN
T-101/T-102/T-103 TORRE DE EXTRACCIÓN
H-103 INTERCAMBIADOR DE CALOR
H-104 INTERCAMBIADOR DE CALOR
V-102 TANQUE RECIRCULACIÓN DISOLVENTE
D-101 TORRE DE DESTILACIÓN
P-102 A/B BOMBAS DE REFLUJO
E-101 CONDENSADOR REHERVIDOR
E-102 REHERVIDOR
V-103 TANQUE DE REFLUJO
D-102 TORRE DE DESTILACIÓN
P-103 A/B BOMBAS DE REFLUJO
E-103 CONDENSADOR REHERVIDOR
E-104 REHERVIDOR
V-104 TANQUE DE REFLUJO
D-103 TORRE DE DESTILACIÓN
P-104 A/B BOMBAS DE REFLUJO
E-105 CONDENSADOR REHERVIDOR
E-106 REHERVIDOR
V-105 TANQUE DE REFLUJO



REFERENCIA DE PLANOS					
Plano núm.	Título				Hoja
NOMENCLATURA					
1	Vapor de baja presión				
2	Condensado				
3	Agua de río				
4	Retorno del refrigerante				
5	Vapor de alta presión				
NOTAS					
LEYENDA:					
PRIMERA LETRA					
Variable medida o iniciadora					
A: Análisis de composición					
F: Flujo					
H: Manual (actuado a mano)					
O: Optimizador					
P: Presión					
T: Temperatura					
Modificador					
D: Diferencial					
S: Seguridad					
LETRAS SUCESIVAS					
Función del dispositivo					
C: Controlador					
I: Indicador					
R: Registrador					
T: Sensor y transmisor					
V: Válvula					
Y: Relé de computación					
○ Instrumento montado en planta					
⊖ Instrumento montado en sala de control (accesible operador)					
⊗ Válvula de control automática					
⊠ Válvula manual					
⊙ Brida ciega en 8					
⊡ Válvula de alivio					
— Línea de proceso					
-- Señal de control					
<div>Primera letra</div> <div>Letras sucesivas</div> <div>Sección</div> <div>Nº de lazo</div> <div>X Y Z</div> <div>1 2 3</div>					
EQUIPO		SERVICIO			
REVISIONES					

Equipo	Reactor R-101/ R-102/R-103	Torre de extracción T-101/T-102/T-103
Altura (m)	17,13	26,1
Diámetro (m)	3,69	3,37
Presión de operación (bar)	4,41	1,01
Temperatura de operación (°C)	95	25

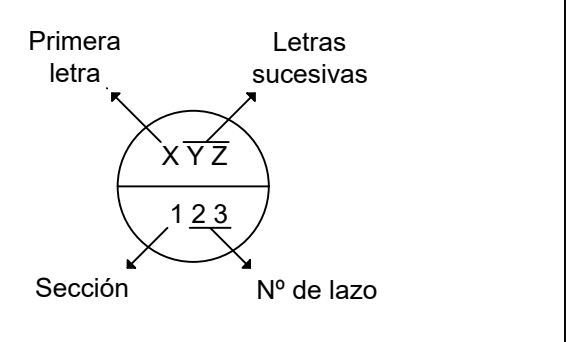
ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE ENSEÑARÍA		UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA	
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ETIL-GLICOL A PARTIR DE ÓXIDO DE ETILENO			
Título de plano: DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN Y TUBERÍAS (P&ID)			
Autores: HUGO DEL VALLE CORTE ALFONSO VIDAL MARTÍNEZ		Escala: S/E Nº de plano: 5A	Fecha: 2 de Julio de 2018 Firmas:  



REFERENCIA DE PLANOS		
Plano núm.	Título	Hoja

NOMENCLATURA	
1	Vapor de baja presión
2	Condensado
3	Agua de río
4	Retorno del refrigerante
5	Vapor de alta presión

NOTAS
LEYENDA: PRIMERA LETRA Variable medida o iniciadora A: Análisis de composición F: Flujo H: Manual (actuado a mano) O: Optimizador P: Presión T: Temperatura Modificador D: Diferencial S: Seguridad LETRAS SUCESIVAS Función del dispositivo C: Controlador I: Indicador R: Registrador T: Sensor y transmisor V: Válvula Y: Relé de computación ○ Instrumento montado en planta ⊖ Instrumento montado en sala de control (accesible operador) ⊞ Válvula de control automática ⊞ Válvula manual ⊞ Brida ciega en 8 ⊞ Válvula de alivio — Línea de proceso -- Señal de control

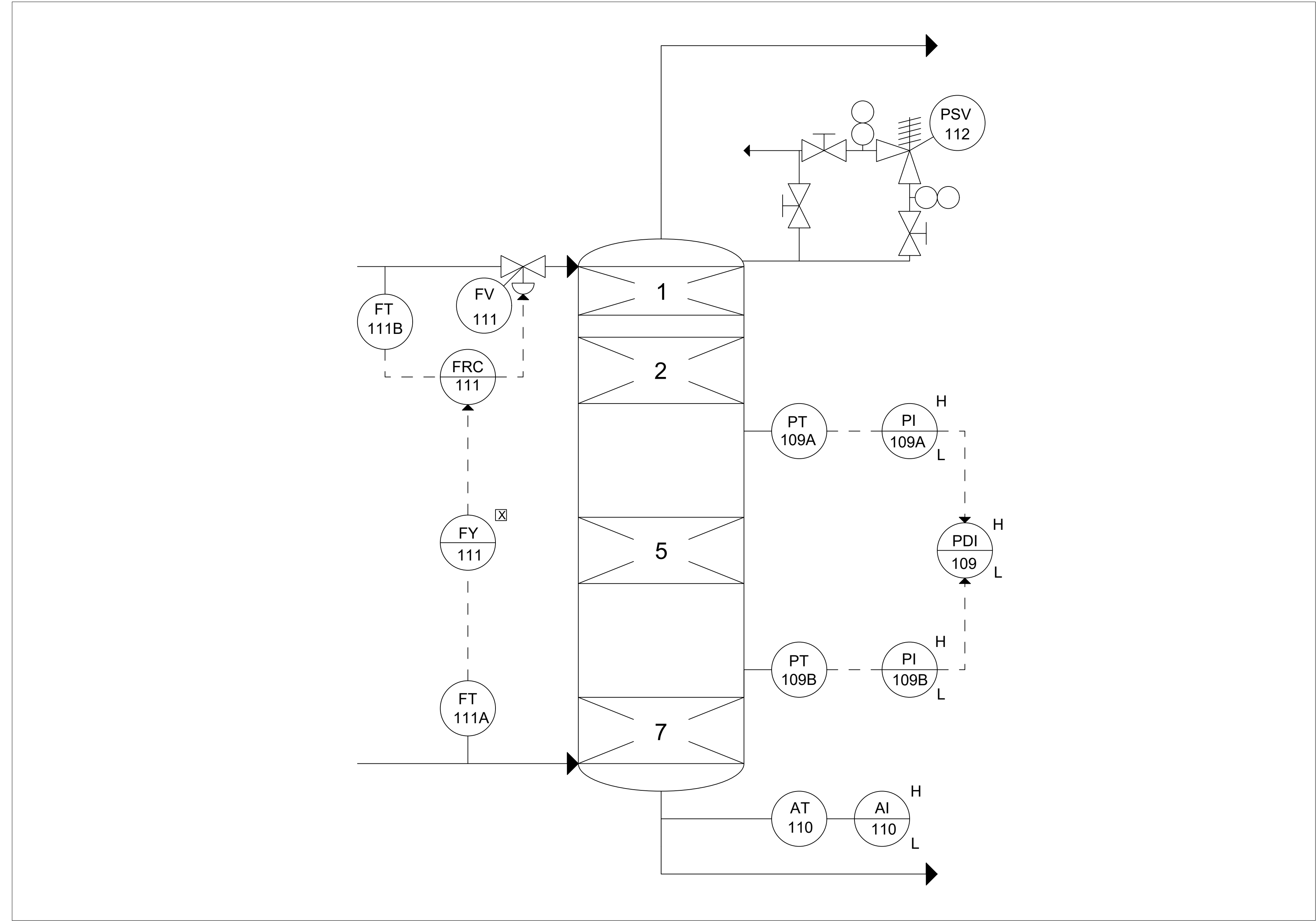


EQUIPO	SERVICIO

REVISIONES					

Equipo	Reactor R-101/ R-102/R-103
Altura (m)	17,13
Diámetro (m)	3,69
Presión de operación (bar)	4,41
Temperatura de operación (°C)	95

ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE ENXEÑARÍA		UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA	
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ETIL-GLICOL A PARTIR DE ÓXIDO DE ETILENO			
Título de plano: DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN Y TUBERÍAS (P&ID) - REACTORES R-101/R-102/R-103			
Autores: HUGO DEL VALLE CORTE ALFONSO VIDAL MARTÍNEZ		Escala: S/E Nº de plano: 5B	Fecha: 2 de Julio de 2018 Firma:  



REFERENCIA DE PLANOS		
Plano núm.	Título	Hoja

NOMENCLATURA	
1	Vapor de baja presión
2	Condensado
3	Agua de río
4	Retorno del refrigerante
5	Vapor de alta presión

NOTAS
LEYENDA: PRIMERA LETRA <u>Variable medida o iniciadora</u> A: Análisis de composición F: Flujo H: Manual (actuado a mano) O: Optimizador P: Presión T: Temperatura Modificador D: Diferencial S: Seguridad LETRAS SUCESIVAS <u>Función del dispositivo</u> C: Controlador I: Indicador R: Registrador T: Sensor y transmisor V: Válvula Y: Relé de computación ○ Instrumento montado en planta ⊖ Instrumento montado en sala de control (accesible operador) ⊗ Válvula de control automática ⊠ Válvula manual ⊙ Brida ciega en 8 ⊡ Válvula de alivio — Línea de proceso -- Señal de control <div>Primera letra → Letras sucesivas x y z 1 2 3 Sección → N° de lazo</div>

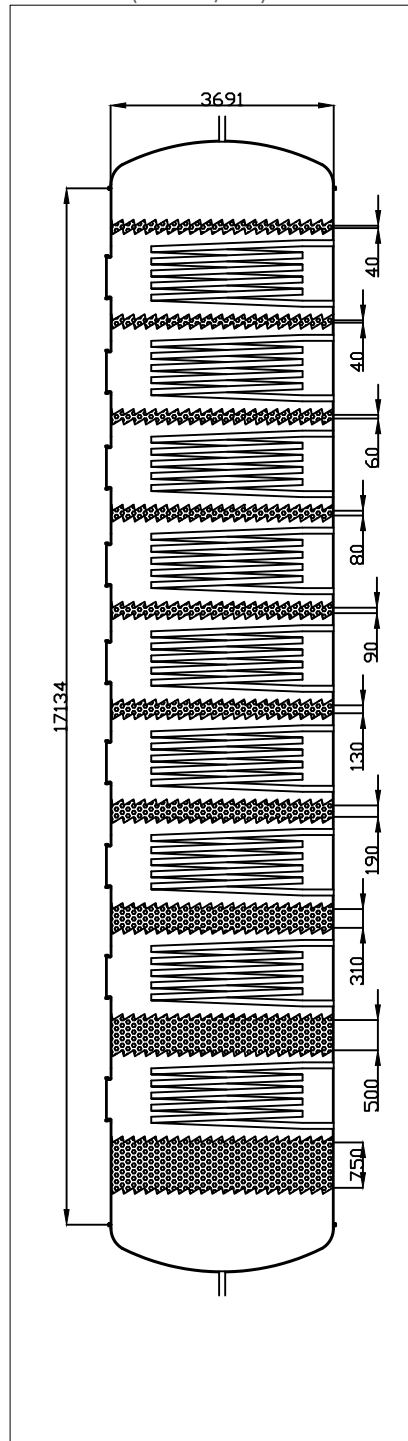
EQUIPO	SERVICIO

REVISIONES					

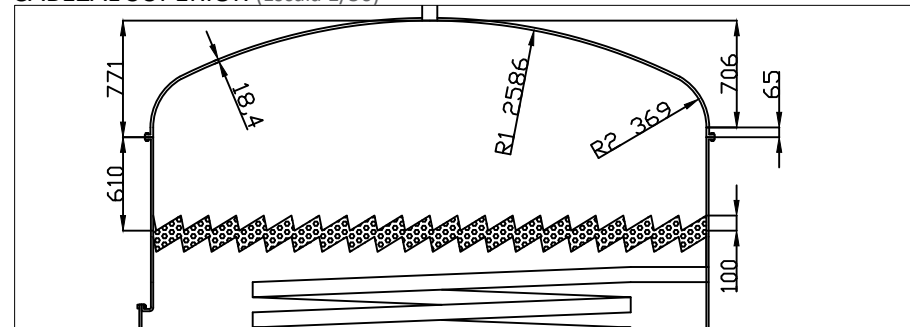
Equipo	Torre de extracción T-101/T-102/T-103
Altura (m)	26,1
Diámetro (m)	3,37
Presión de operación (bar)	1,01
Temperatura de operación (°C)	25

ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE ENXEÑARÍA		UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA	
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ETIL-GLICOL A PARTIR DE ÓXIDO DE ETILENO			
Título de plano: DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN Y TUBERÍAS (P&ID) - TORRES DE EXTRACCIÓN T-101/T-102/T-103			
Autores: HUGO DEL VALLE CORTE ALFONSO VIDAL MARTÍNEZ		Escala: S/E Nº de plano: 5C	Fecha: 2 de Julio de 2018 Firmas:  

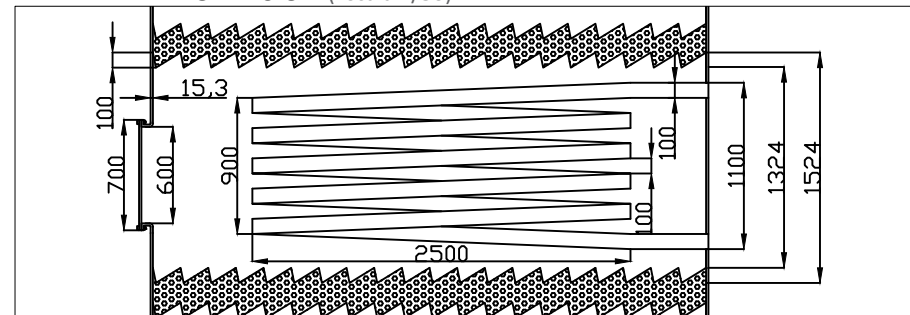
REACTOR (Escala 1/125)



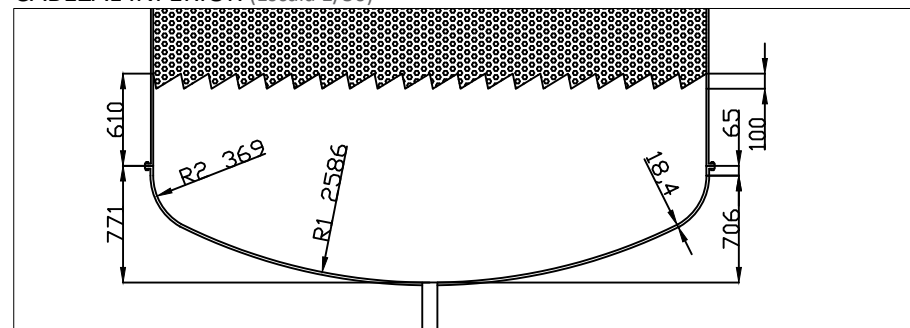
CABEZAL SUPERIOR (Escala 1/50)



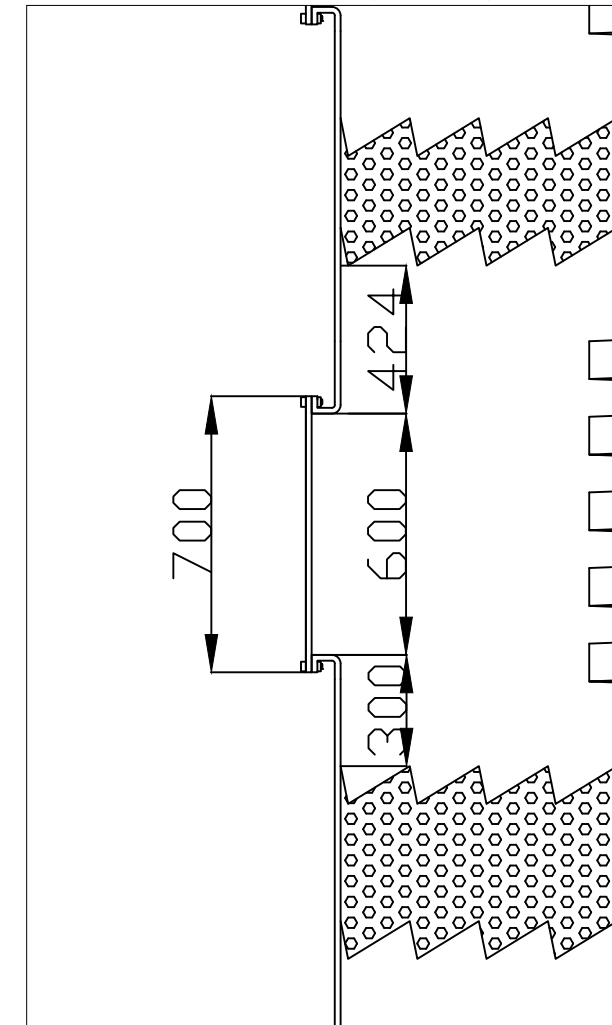
DETALLE REFRIGERACIÓN (Escala 1/50)




CABEZAL INFERIOR (Escala 1/50)



DETALLE BOCA DE HOMBRE (Escala 1/20)



LEYENDA

 Malla sustentadora

 Catalizador

NOTA: Todas las cotas están en mm.

ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE ENXEÑARÍA

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ETIL-GLICOL A PARTIR DE ÓXIDO DE ETILENO

Título de plano:

PLANOS DE CONSTRUCCIÓN REACTORES R-101/R-102/R-103

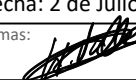

Autor:
HUGO DEL VALLE CORTE

Escala: 1/125 1/50 1/20

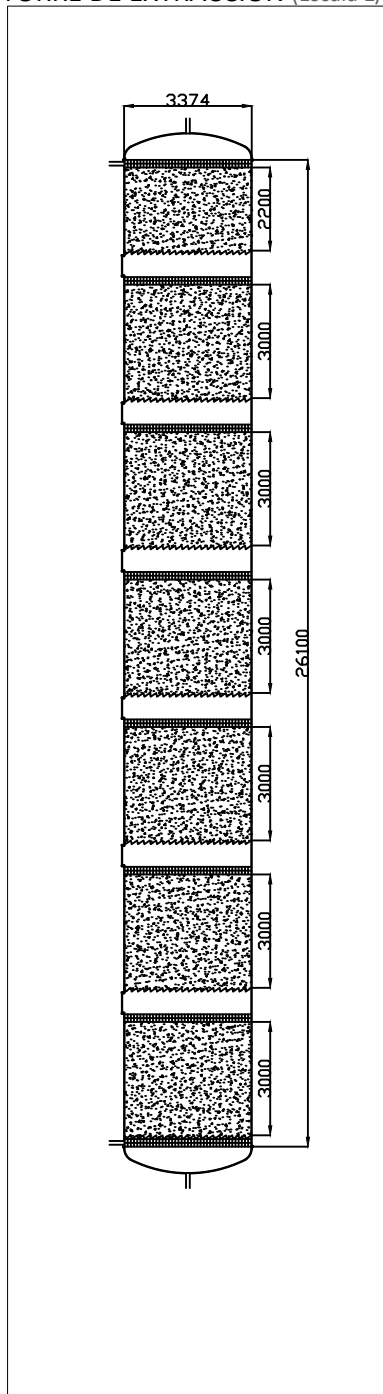
Fecha: 2 de Julio de 2018

Nº de plano: 6A

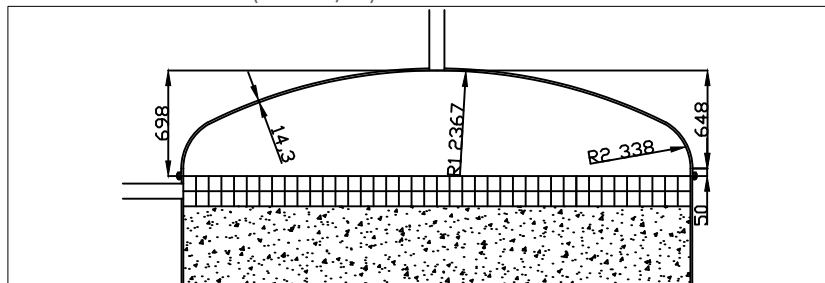
Firmas:

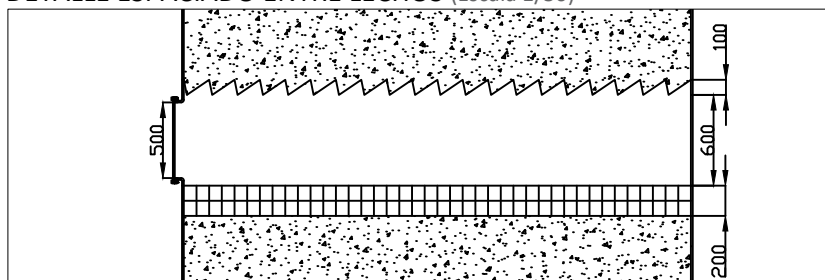
TORRE DE EXTRACCIÓN (Escala 1/200)



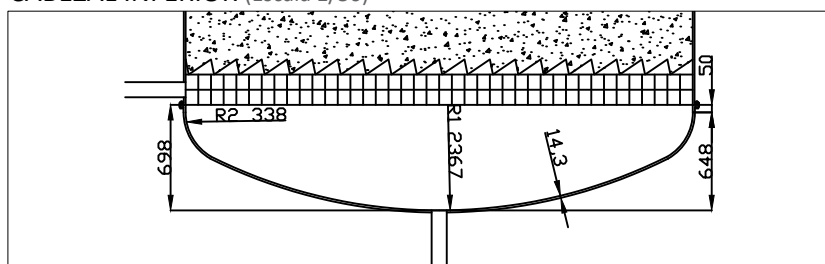
CABEZAL SUPERIOR (Escala 1/50)



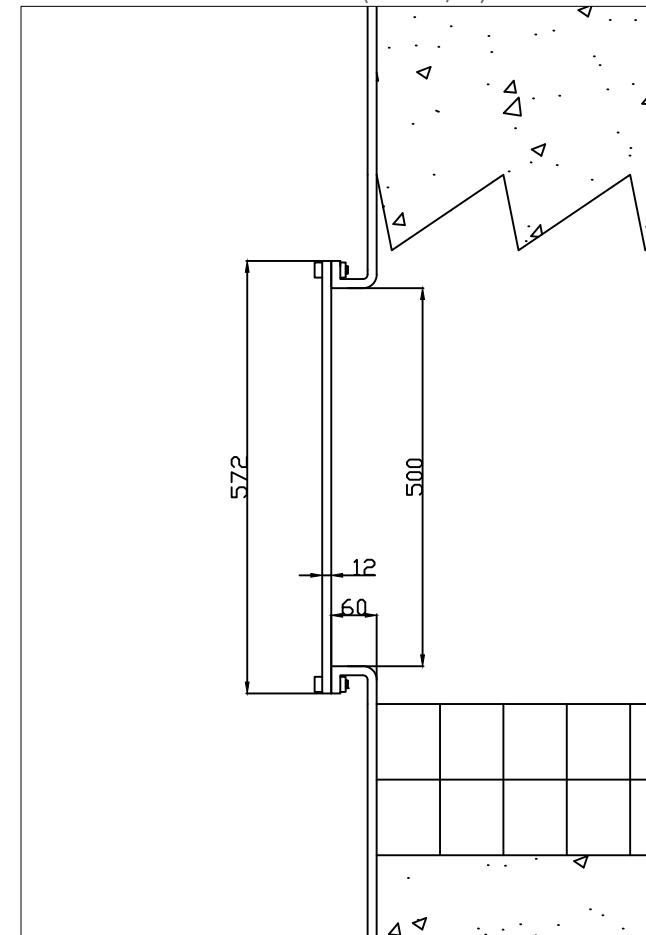
DETALLE ESPACIADO ENTRE LECHOS (Escala 1/50)



CABEZAL INFERIOR (Escala 1/50)



DETALLE BOCA DE HOMBRE (Escala 1/10)



LEYENDA



Distribuidores



Malla sustentadora



Relleno

NOTA: Todas las cotas están en mm.

ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE ENXEÑARÍA

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ETIL-GLICOL A PARTIR DE ÓXIDO DE ETILENO

Título de plano:

PLANOS DE CONSTRUCCIÓN TORRES DE EXTRACCIÓN T-101/T-102/T-103

Autores:

ALFONSO VIDAL MARTÍNEZ

Escala: 1/200 1/50 1/10

Nº de plano: 6B

Fecha: 2 de Julio de 2018

Firmas:

[Handwritten signatures]

DOCUMENTO III. ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA

Planta de producción de etil-glicol (etano-1,2-diol) a partir de
óxido de etileno

Contenido

1. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	4
1.1. Introducción	4
1.2. Análisis de alternativas. Justificación ambiental de la solución adoptada	5
1.2.1. Justificación de la localización de la instalación.....	6
1.2.2. Justificación de las soluciones tecnológicas adoptadas	6
1.3. Descripción del proyecto y sus actuaciones asociadas	7
1.3.1. Descripción general del proyecto.....	7
1.3.2. Descripción del proyecto.....	7
1.3.3. Acciones del proyecto	10
1.3.4. Programación	10
1.4. Descripción y confección del inventario ambiental	11
1.4.1. Descripción y valoración del medio biofísico	11
1.4.2. Descripción y valoración de los riesgos y molestias inducibles	25
1.4.3. Descripción y valoración de los factores estético-culturales	27
1.4.4. Descripción y valoración de los factores sociales, económicos, políticos y territoriales.....	28
1.4.5. Síntesis de la valoración del inventario ambiental.....	31
1.5. Identificación y valoración de los impactos ambientales.....	31
1.5.1. Metodología	31
1.5.2. Medio físico y biológico	32
1.5.3. Riesgos y molestias inducibles	35
1.5.4. Impactos sobre los elementos estético-culturales	36
1.5.5. Impactos sobre los elementos socioeconómicos y territoriales	37
1.5.6. Jerarquización de impactos	37
1.5.7. Valoración global	38
1.6. Medidas preventivas y correctoras.....	40
1.6.1. Medias preventivas y correctoras de carácter general.....	41

1.6.2.	Medidas para la minimización del impacto atmosférico y mesoclimático.....	43
1.6.3.	Medidas para corrección de impactos sobre el suelo y las aguas.....	43
1.6.4.	Adecuado diseño de los drenajes	45
1.6.5.	Sustancias peligrosas	46
1.6.6.	Impactos por ruido	46
1.6.7.	Accidentes	47
1.6.8.	Medidas para la prevención de explosiones y/o incendios.....	47
1.6.9.	Impacto visual.....	48
1.6.10.	Impacto social.....	48
1.6.11.	Desmantelamiento de las instalaciones.....	49
1.7.	Programa de seguimiento y vigilancia ambiental	51
1.7.1.	Descripción general	51
1.7.2.	Descripción de las actividades de seguimiento.....	53
2.	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	56
2.1.	Objeto.....	56
2.2.	Características de las obras	57
2.2.1.	Descripción de las obras	57
2.2.2.	Unidades constructivas que componen las obras	57
2.2.3.	Tipología y características de los materiales y elementos	57
2.2.4.	Tráfico rodado	58
2.2.5.	Actividades de construcción	58
2.2.6.	Oficios cuya intervención es objeto de la prevención de riesgos laborales.....	58
2.2.7.	Medios auxiliares previstos para la realización de la obra.....	59
2.2.8.	Maquinaria para la realización de la obra.....	59
2.2.9.	Zona prevista para acopios de material.....	59
2.2.10.	Métodos de limpieza y recogida de escombros, desechos y basura durante la ejecución de la obra.....	60

2.2.11. Lugares de aparcamiento, reparación y mantenimiento de maquinaria y equipos móviles de trabajo	60
2.2.11.1. Locales de almacenamiento de materiales y elementos de obra	61
2.2.12. Delimitación de espacios y lugares o zonas de paso y circulación	62
2.2.13. Relación y características de los servicios a disponer en obra	62
2.2.14. Mantenimiento y limpieza de los servicios durante la obra	63
2.3. Análisis de riesgos de la obra	63
2.3.1. Riesgos profesionales	63
2.4. Prevención de riesgos profesionales	65
2.4.1. Programa de seguridad.....	65
2.4.2. Protecciones individuales	65
2.4.3. Protecciones colectivas	66
2.4.4. Formación.....	67
2.4.5. Medicina preventiva y primeros auxilios	68
2.5. Prevención de los riesgos de daños a terceros.....	68
2.6. Manejo de equipos	69
2.6.1. Intercambiadores de calor	69
2.6.2. Bombas, válvulas y tuberías.....	69
2.6.3. Sistemas de descarga de presión y llama	69
2.7. Recomendaciones de seguridad	69
3. BIBLIOGRAFÍA	71
3.1. Bibliografía del estudio de impacto ambiental	71
3.2. Bibliografía del estudio de seguridad y salud.....	73

1. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

1.1. Introducción

El siguiente estudio de impacto ambiental (Es.I.A.) del proyecto de la planta de producción de etil-glicol a partir de óxido de etileno en el puerto de San Roque ha sido realizado para suministrar información objetiva al personal técnico adscrito al Órgano Ambiental competente en el procedimiento administrativo de la Evaluación de Impacto Ambiental. El presente proyecto se encuentra contemplado en el Grupo 5. Industria química, petroquímica, textil y papelera; en su apartado 1) producción de productos químicos orgánicos básicos de la Ley 6/2001 de 8 de mayo.

El objetivo de este documento es recoger las posibles afecciones ambientales derivadas de la nueva actividad. En relación a la normativa citada, el presente Es.I.A. desarrolla los siguientes contenidos:

- Resumen de las alternativas y justificación de la solución adoptada.
- Descripción del proyecto, donde se estudian los objetivos del proyecto, ámbito de influencia, e identificación de las acciones del proyecto que pueden producir alteraciones sobre el medio.
- Confección del inventario ambiental, en la situación preoperacional se estudian sistemáticamente aquellos aspectos del medio susceptibles de verse afectados, incidiendo particularmente sobre los componentes de cada elemento previsiblemente alterables por la labor a realizar.
- Identificación y exposición de los impactos previsibles, a partir de la información elaborada en los dos anteriores puntos. Destacar el empleo la matriz causa-efecto para facilitar esta etapa.
- Valoración de los impactos, tras una aproximación metodológica de la magnitud y de la importancia de cada uno de los impactos significativos anteriores; y posterior agregación se consigue una valoración global de impacto.
- Elaboración de medidas correctoras que permitan reducir, minimizar o eliminar la perturbación producida.

- Confección de un programa de vigilancia ambiental, en el que se establecen diversos indicadores seleccionados para controlar y garantizar los niveles de calidad que deben mantenerse.
- Documento de Síntesis.

De manera gráfica la magnitud del Es.I.A. es resumida en la Figura 1.1.

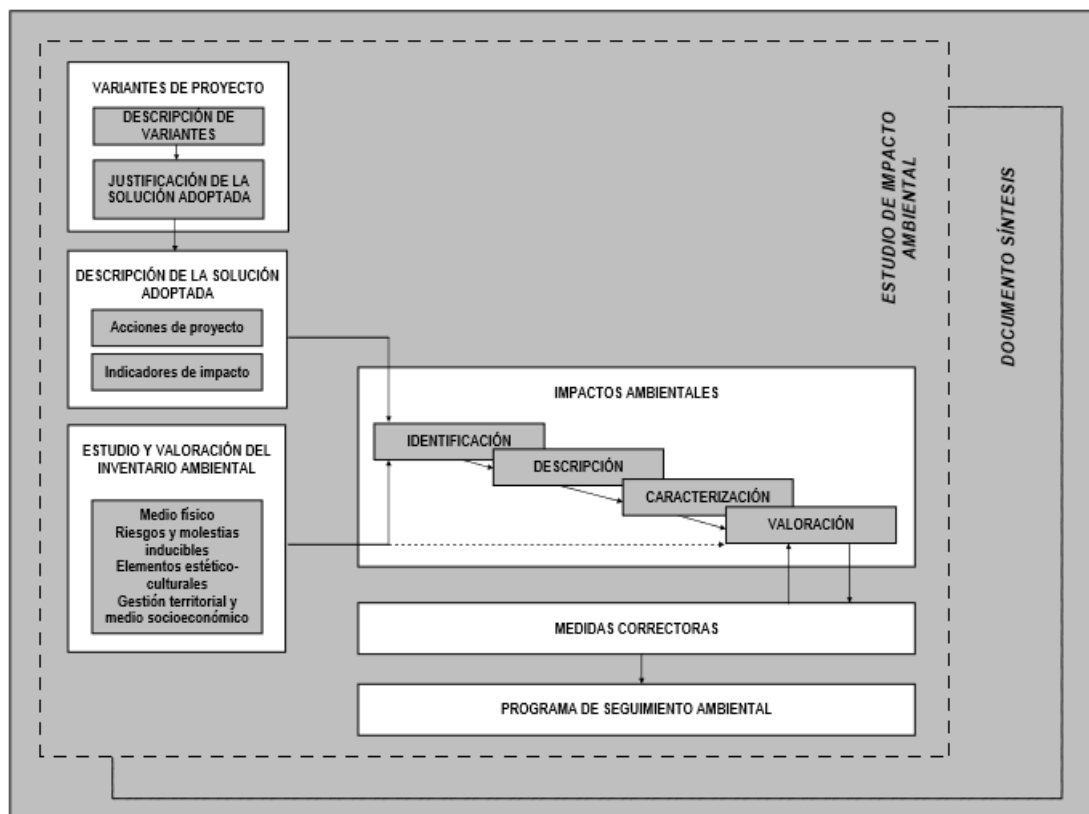


Figura 1.1. Esquema de la estructura del estudio de impacto ambiental.

1.2. Análisis de alternativas. Justificación ambiental de la solución adoptada

La justificación de la solución adoptada se plantea a partir de la justificación de la localización de la instalación y de las soluciones tecnológicas tomadas.

1.2.1. Justificación de la localización de la instalación

Para la edificación de las instalaciones de producción de etil-glicoles se ha seleccionado un emplazamiento que posea unas óptimas condiciones de vías de comunicación. La localización elegida constituye un óptimo emplazamiento, ya que posibilita la entrada y salida de materiales por vía marítima, por ferrocarril y por vía terrestre. Además, la planta se encontrará en zona portuaria existiendo condiciones dispersivas del medio favorables en el caso de que se produzca contaminación. A su vez, la zona de implantación es cercana a lugares de consumo de producto final y a suministradores de materia prima.

La planta se ubicará en el polígono cercano al puerto de San Roque, en una parcela de un área de 250.000 m² con planta rectangular, tal como se recoge en el plano de implantación general nº 3.

1.2.2. Justificación de las soluciones tecnológicas adoptadas

La Directiva IPPC define las mejores técnicas disponibles (MTDs) como “la fase más eficaz y avanzada de desarrollo de las actividades y de sus modalidades de explotación, que demuestren la capacidad práctica de determinadas técnicas para constituir, en principio, la base de los valores límite de emisión destinados a evitar o, cuando ello no sea practicable, reducir en general las emisiones y el impacto en el conjunto del medio ambiente”. Estas se encuentran recogidas en documentos de referencia por sectores de actividad, denominados BREFs (BAT References Documents). En relación a la planta de estudio el BREF principal sectorial aplicable es:

- “Documento de Referencia para la producción de grandes volúmenes de productos químicos orgánicos. Diciembre 2017”

A su vez, también serían de aplicación los siguientes BREFs transversales:

- “Documento de Referencia en el tratamiento común y sistemas de gestión para el agua y gases residuales en el sector químico. Junio 2016”.
- “Documento de Referencia de la eficiencia energética. Febrero 2009”.
- “Documento de Referencia de emisiones en instalaciones de almacenamiento. Julio 2006”.

- “Documento de Referencia de economía y efectos cruzados. Julio 2006”. Relativo a la metodología para proporcionar asistencia a los Grupos Técnicos de Trabajo y a los escritores en los conflictos entre criterios ambientales y económicos.
- “Documento de Referencia en la monitorización de emisiones al aire y al agua desde instalaciones IED. Julio 2003”. Las instalaciones IED son aquellas bajo el alcance de la Directiva de Emisiones Industriales.

1.3. Descripción del proyecto y sus actuaciones asociadas

1.3.1. Descripción general del proyecto

El proyecto desarrollado constará de una planta formada por un área de almacenamiento, una zona para carga y descarga de productos y materias primas, el sector en el cual se desarrolla el proceso productivo y las instalaciones auxiliares pertinentes. La planta está diseñada para una producción anual de etil-glicol de 750.000 toneladas. Como materia prima se requiere óxido de etileno, procedente principalmente de procesos relacionados con la industria petroquímica.

La descripción detallada del proyecto y sus acciones se desarrolla de manera individualizada en los epígrafes siguientes de este capítulo.

1.3.2. Descripción del proyecto

A continuación, se exponen los aspectos más relevantes del proyecto con apoyo de un esquema de flujo de proceso en el plano nº 4.

1.3.2.1. Actuaciones terrestres

Las obras previstas para la construcción de la instalación consistirán básicamente en:

- Terminal de carga
- Terminal de descarga
- Zonas de almacenamiento
- Zona de reacción
- Zonas de separación

- Planta de tratamiento de aguas
- Talles de mantenimiento
- Acceso a las instalaciones
- Edificaciones auxiliares

1.3.2.2. Acceso y movimiento de tierras

El acceso a la planta se realizará desde la carretera CA-34.

1.3.2.3. Proceso productivo

La planta de producción de etil-glicoles tendrá una capacidad de 95 toneladas/hora (producción anual de 750.000 toneladas), dado que funcionará 24 horas diarias, un total de 330 días al año; lo que supone unas 7.920 horas al año. Además, constará con los almacenamientos necesarios de materias primas, materias auxiliares, productos y subproductos necesarios.

A continuación, se presenta una descripción del proceso productivo a partir de una breve explicación de cada una de las etapas (flujo de proceso en plano N°4):

- Reacción del óxido de etileno con el agua.
- Separación del agua por extracción empleando furfural.
- Purificación por destilación.

1.3.2.4. Consumos

Existe un consumo de materias primas y productos de acuerdo a la capacidad antes mencionada.

El consumo general de agua en la instalación se realizará para proceso, limpiezas, oficinas y refrigeración. El aprovechamiento del agua separada en la unidad de extracción L-L que se recircula como entrante al proceso, permite consumir menos agua, previo paso por la planta de tratamiento de aguas.

La energía requerida procede del autoconsumo en operación normal. En los arranques de fábrica se precisa suministro del exterior. También existirá un consumo de aire comprimido por parte de los elementos de instrumentación y control.

1.3.2.5. Efectos ambientales

1.3.2.5.1. Emisiones gaseosas

La instalación de producción de etil-glicoles poseerá con un único punto de emisión clasificado, la chimenea de salida de gases de la caldera que produce el vapor de alta y baja presión, ya que a efectos del Real Decreto 100/2011 de 28 de enero de actividades industriales potencialmente contaminadoras de la atmósfera.

1.3.2.5.2. Vertidos

En la instalación se pueden distinguir las siguientes corrientes de aguas residuales a tratamiento: aguas residuales sanitarias (oficinas y vestuarios), aguas residuales de proceso (limpiezas y purgas del proceso productivo), agua de cubetos (limpiezas de los mismos y derrames accidentales) y aguas pluviales residuales (viales de la planta). Estas aguas se tratarán en función de su naturaleza en la planta de tratamiento de aguas y una vez depuradas se verterán, siempre por debajo de los límites de vertidos impuestos.

1.3.2.5.3. Residuos

Los residuos peligrosos generados en la instalación proceden del proceso productivo, de las operaciones de mantenimiento en planta y de las operaciones auxiliares. Los tipos de residuos peligrosos generados en una mayor cantidad son: catalizador agotado, aceite usado, materiales contaminados y resto de residuos (tubos fluorescentes, pilas, residuos de laboratorio, residuos de envases, aerosoles vacíos, equipos eléctricos y electrónicos).

Los residuos inertes industriales producidos en la instalación son los generados en reparaciones, reformas o mejoras, para esta situación se reduce a: residuo industrial inerte (de tipo II), lodo inorgánico, chatarra metálica, papel, cartón y madera.

1.3.2.5.4. Ruidos

Los equipos que produzcan los mayores niveles de ruido serán instalados en el interior del edificio, además dispondrán de las medidas de atenuación adecuadas para no sobrepasar los límites establecidos en la legislación al respecto.

1.3.3. Acciones del proyecto

Las tareas del proyecto susceptibles de producir impactos ambientales en alguna de las fases de ejecución del mismo son las siguientes:

- Fase de construcción. Implantación de obra, funcionamiento y mantenimiento de maquinaria y vehículos a motor, almacenamiento y manipulación de material de obra, construcción y montaje de naves, depósitos y otros servicios (obra civil), pruebas y puesta en funcionamiento de la planta...
- Fase de funcionamiento. Funcionamiento de las instalaciones, presencia de elementos industriales, transporte (carga y descarga) y almacenamiento de materias primas y productos...

1.3.4. Programación

Se estima que la construcción, fabricación, montaje y urbanización de la instalación tendrá una duración aproximada de 19 meses, a su vez se precisarán 2 meses para la puesta en marcha. La duración total de los trabajos se ha determinado en base a un régimen de trabajo de 5 días/semana. La planificación a partir de la cual se estiman los tiempos antes mencionados se recoge en la Tabla 1.1, destacar que esta ha sido realizada de acuerdo a reducir tiempos muertos y a priorizar aquellas actividades que es necesario realizar cuanto antes; ya que el resto dependen de ellas.

Tabla 1.1 Planificación de las tareas a realizar

TAREAS	MESES																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Acondicionamiento parcela	■	■																			
Fabricación estructura metálica			■	■	■	■															
Obra civil			■	■	■	■	■	■	■												
Construcción/montaje de tanques							■	■	■	■	■										
Montaje estructura metálica							■	■	■												
Pintado estructura metálica										■											
Cubiertas/cierres											■										
Instalaciones										■	■	■	■	■	■	■	■	■			
Urbanización							■	■	■	■	■	■									
Acopio/montaje de equipos										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Puesta en marcha																				■	■

1.4. Descripción y confección del inventario ambiental

La finalidad de este apartado es la de describir y valorar la situación preoperacional del medio en el cual se implantará la instalación de producción de etil-glicol, así a partir del conocimiento del estado actual del medio será posible prever las alteraciones derivadas del proyecto. A su vez, comparando el estado inicial con el final proyectado se proporcionará una visión que permitirá valorar el impacto producido.

La valoración del inventario ambiental se ha elaborado en base a la evaluación de la calidad intrínseca y de la fragilidad de los distintos elementos del medio considerados. Por su parte, la calidad intrínseca se ha determinado en base a estos factores: niveles establecidos en la legislación, diversidad, rareza, grado de naturalidad y productividad; variando la aplicabilidad de estos parámetros según el elemento del medio considerado. Los resultados de la evaluación se recogen en una escala de 4 rangos (alta, media, baja y muy baja).

Se determinan los elementos del medio susceptibles de sufrir impacto a raíz de la aplicación del proyecto:

- Elementos del medio físico y biológico: clima, atmósfera, geología, hidrología, vegetación y fauna.
- Riesgos y molestias inducidas: ruido, riesgos geotectónicos y riesgos de erosión.
- Elementos estético-culturales: patrimonio cultural y paisaje.
- Gestión territorial y elementos socioeconómicos.

En consecuencia, en esta sección se incluye una descripción y valoración justificada de cada uno de ellos.

1.4.1. Descripción y valoración del medio biofísico

1.4.1.1. Clima

En el marco de este análisis, se realiza el estudio de las variables climáticas con los siguientes objetivos:

- Facilitar la comprensión de las demás variables del medio que se analizan, ya que el clima determina el tipo de suelo, la vegetación, la fauna...

- Caracterizar y valorar el estado microclimático preoperacional del entorno inmediato del proyecto.

Se han empleado los datos climáticos recogidos por la estación meteorológica de AEMET (Agencia Estatal de Meteorología) ubicada junto a la A-7 a la altura del núcleo urbano de San Roque, ésta es la más cercana a la ubicación al encontrarse a aproximadamente 6 km; además cuenta con la mayor información respecto al número de parámetros observados. Dicha estación presenta similares características mesoclimáticas que la zona de interés, sin embargo, deben tenerse en cuenta las pequeñas variaciones debidas a las condiciones topográficas. Los valores de las medias mensuales de la temperatura en San Roque se recopilan en la Tabla 1.2; también se presenta la rosa de vientos correspondiente en la Figura 1.2, se observa que la dirección dominante es SE.

En función de los datos climáticos anteriores y haciendo uso de la clasificación climática de Köppen, se deduce que San Roque pertenece al grupo de climas Csa por su carácter cálido con una relativa escasez de precipitaciones.

1.4.1.1.1. Consideraciones microclimáticas

La planta se encuentra situada en la misma línea de costa bajo el área de influencia del régimen de brisas marítimas, lo que supone que la circulación general de los vientos será de mar a tierra durante el día y de tierra a mar durante la noche.

1.4.1.1.2. Valoración climática

En relación a las consideraciones realizadas, la calidad y fragilidad de la variable microclimática en el estado preoperacional es baja; además esta consideración sería extensible a su entorno inmediato.

Tabla 1.2. Valores de las medias mensuales de temperatura en San Roque.

Temperatura media anual (°C)	17-19
Temperatura media máxima (°C)	25
Temperatura media mínima (°C)	13,5
Temperatura media en Julio (°C)	20-23
Temperatura máxima absoluta (°C)	36
Oscilación térmica anual (°C)	11-12
Temperatura media en Enero (°C)	12
Temperatura mínima absoluta (°C)	1-2

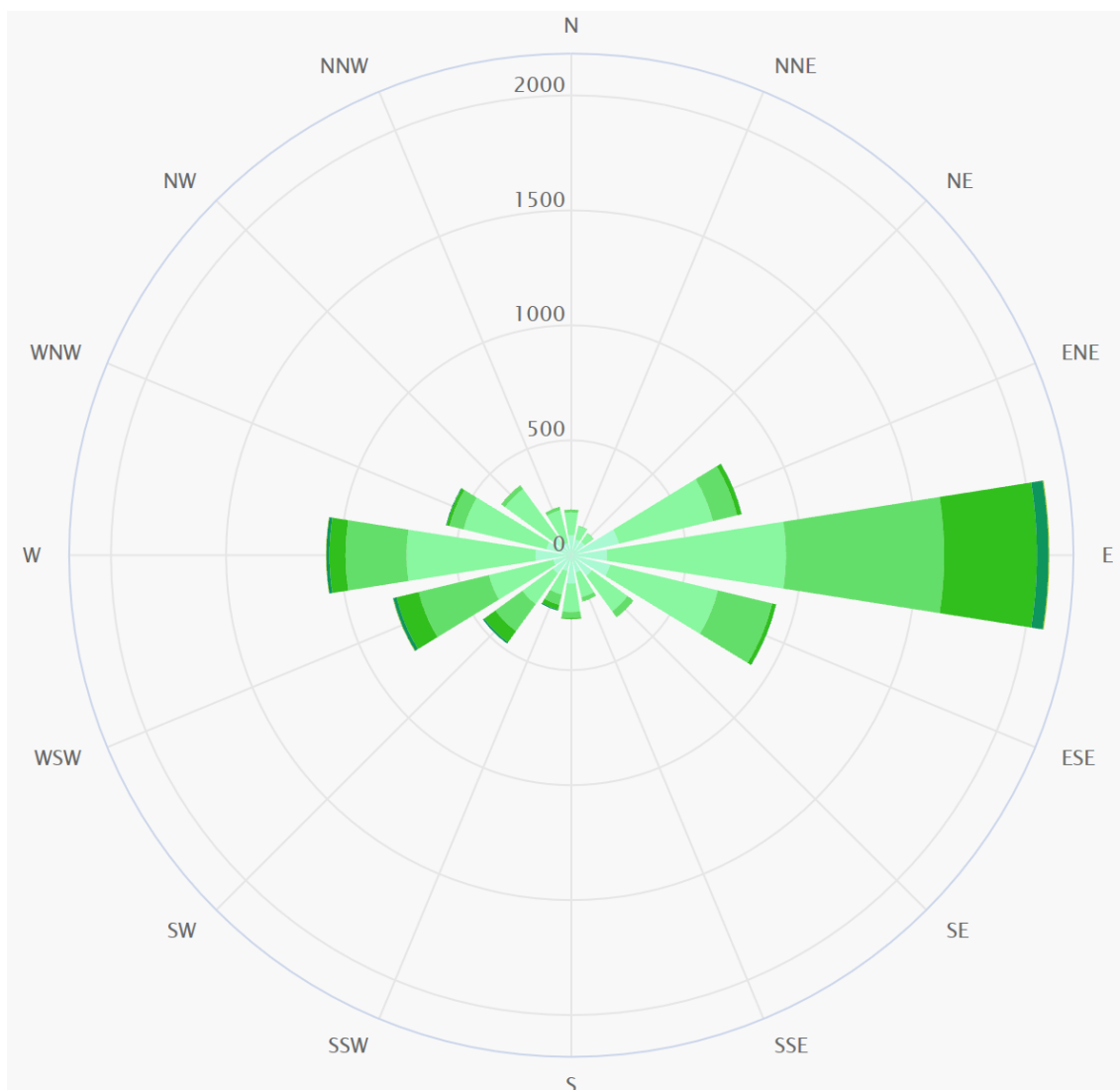


Figura 1.2. Rosa de los vientos en San Roque.

1.4.1.2. Calidad del aire

Se realiza un estudio del aire desde el punto de vista de su calidad fisicoquímica.

1.4.1.2.1. Legislación vigente en materia de calidad del aire

Existen definiciones de conocimiento necesario para entender lo que se expone a posteriori; valor límite, umbral de alerta, valor objetivo y nivel crítico. “Valor límite: un nivel fijado basándose en conocimientos científicos, con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana, para el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza que debe alcanzarse en un período determinado y no superarse una vez

alcanzado.” “Umbral de alerta: un nivel a partir del cual una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud humana que afecta al conjunto de la población y requiere la adopción de medidas inmediatas por parte de las Administraciones competentes.” “Valor objetivo: nivel de un contaminante que deberá alcanzarse, en la medida de lo posible, en un momento determinado para evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos sobre la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza.” “Nivel crítico: nivel fijado con arreglo a conocimientos científicos por encima del cual pueden producirse efectos nocivos para algunos receptores como las plantas, árboles o ecosistemas naturales, pero no para el hombre.”

La Directiva 2008/50/CE de 21 de mayo de 2008 relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa, introduce un cambio sustancial en la gestión de la calidad de aire a nivel europeo. Se establecen unos criterios básicos y objetivos de calidad básicos que han de lograrse mediante una planificación adecuada. A su vez, esta planificación necesita el consecuente desarrollo en relación con las distintas sustancias contaminantes; es decir, en la anterior directiva también se recogen los valores límite y umbrales de alerta de: dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, partículas PM_{10} y $PM_{2,5}$, plomo, benceno y monóxido de carbono en el aire ambiente.

Por otra parte, se establecen las normas relativas a los métodos de referencia, la validación de datos y la ubicación de los puntos de muestreo para la evaluación de la calidad del aire ambiente en la Directiva (UE) 2015/1480 de 28 de agosto de 2015; la cual modifica los anexos de la Directiva 2008/50/CE relativos a estas normas.

En el ordenamiento jurídico español, el Real Decreto 102/2011 de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, traspone la anterior normativa comunitaria. En este se fijan los valores límite de las sustancias antes mencionadas en el periodo promedio especificado (expresados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y volumen ajustado a una temperatura de 298 K y presión de 101,3 kPa), el margen de tolerancias y las fechas para su cumplimiento. Además, se establecen los umbrales de alerta para dichos contaminantes.

A continuación, se presenta un resumen de la legislación actualmente vigente para dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, partículas PM_{10} y $PM_{2,5}$, plomo, benceno y monóxido de carbono; en las Tablas 1.3 a 1.9.

Tabla 1.3. Valores límite para el dióxido de azufre.

	Período de promedio	Valor	Fecha de cumplimiento del valor límite
1. Valor límite horario.	1 hora.	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valor que no podrá superarse en más de 24 ocasiones por año civil.	En vigor desde el 1 de enero de 2005.
2. Valor límite diario.	24 horas.	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valor que no podrá superarse en más de 3 ocasiones por año civil.	En vigor desde el 1 de enero de 2005.
3. Nivel crítico (1).	Año civil e invierno (del 1 de octubre al 31 de marzo).	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	En vigor desde el 11 de junio de 2008.

El umbral de alerta del SO_2 se sitúa en 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrados durante tres horas consecutivas en lugares representativos de la calidad del aire en un área de como mínimo 100 Km^2 o en una aglomeración entera, tomando la superficie que sea menor.

Tabla 1.4. Valores límite para los óxidos de nitrógeno.

	Período de promedio	Valor límite	Margen de tolerancia	Fecha de cumplimiento del valor límite
1. Valor límite horario.	1 hora.	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 que no podrán superarse en más de 18 ocasiones por año civil.	50 % a 19 de julio de 1999, valor que se reducirá el 1 de enero de 2001 y, en lo sucesivo, cada 12 meses, en porcentajes anuales idénticos, hasta alcanzar un 0 % el 1 de enero de 2010. 50 % en las zonas y aglomeraciones en las que se haya concedido una prórroga de acuerdo con el artículo 23.	Debe alcanzarse el 1 de enero de 2010.
2. Valor límite anual.	1 año civil.	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2	50 % a 19 de julio de 1999, valor que se reducirá el 1 de enero de 2001 y, en lo sucesivo, cada 12 meses, en porcentajes anuales idénticos, hasta alcanzar un 0 % el 1 de enero de 2010. 50 % en las zonas y aglomeraciones en las que se haya concedido una prórroga de acuerdo con el artículo 23.	Debe alcanzarse el 1 de enero de 2010.
3. Nivel crítico (1).	1 año civil.	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_x (expresado como NO_2).	Ninguno.	En vigor desde el 11 de junio de 2008.

El umbral de alerta del dióxido de nitrógeno se sitúa en 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrados durante 3 horas consecutivas en lugares representativos de la calidad del aire en un área de como mínimo 100 Km^2 o en una zona o aglomeración entera, tomando la superficie que sea menor.

Tabla 1.5. Valores límite para las partículas PM_{10}

	Período de promedio	Valor límite	Margen de tolerancia	Fecha de cumplimiento del valor límite
1. Valor límite diario.	24 horas.	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que no podrán superarse en más de 35 ocasiones por año.	50% (1).	En vigor desde el 1 de enero de 2005 (2).
2. Valor límite anual.	1 año civil.	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20% (1).	En vigor desde el 1 de enero de 2005 (2).

Tabla 1.6. Valores límite para las partículas $PM_{2,5}$

	Período de promedio	Valor	Margen de tolerancia	Fecha de cumplimiento del valor límite
Valor objetivo anual.	1 año civil.	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	–	En vigor desde el 1 de enero de 2010.
Valor límite anual (fase I).	1 año civil.	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20% el 11 de junio de 2008, que se reducirá el 1 de enero siguiente y, en lo sucesivo, cada 12 meses, en porcentajes idénticos anuales hasta alcanzar un 0% el 1 de enero de 2015, estableciéndose los siguientes valores: 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2008; 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2009 y 2010; 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2011; 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2012; 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2013 y 2014	1 de enero de 2015.
Valor límite anual (fase II) (1).	1 año civil.	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	–	1 de enero de 2020.

Tabla 1.7. Valores límite para el plomo.

	Período de promedio	Valor límite	Fecha de cumplimiento del valor límite
Valor límite anual.	1 año civil.	0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	En vigor desde el 1 de enero de 2005, en general. En las inmediaciones de fuentes industriales específicas, situadas en lugares contaminados a lo largo de decenios de actividad industrial, el 1 de enero de 2010.

Tabla 1.8. Valores límite para el benceno.

	Período de promedio	Valor límite	Margen de tolerancia	Fecha de cumplimiento del valor límite
Valor límite.	Año civil.	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 13 de diciembre de 2000, porcentaje que se reducirá el 1 de enero de 2006 y en lo sucesivo, cada 12 meses, en 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hasta alcanzar un 0% el 1 de enero de 2010. 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en las zonas y aglomeraciones en las que se haya concedido una prórroga de acuerdo con el artículo 23.	Debe alcanzarse el 1 de enero de 2010.

Tabla 1.9. Valores límite para el monóxido de carbono

	Período de promedio	Valor límite	Fecha de cumplimiento del valor límite
Valor límite.	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias.	10 mg/m^3	En vigor desde el 1 de enero de 2005.

1.4.1.2.2. Análisis de la calidad del aire en la situación preoperacional

Para caracterizar la calidad del aire en la zona de análisis se han recopilado datos de inmisión de mayo de 2018 de la estación de San Roque. En concreto, se exponen en la Tabla 1.10 valores para el dióxido de azufre, las partículas en suspensión y el dióxido de nitrógeno; ya que la vigilancia de estos contaminantes presenta mayor importancia.

Tabla 1.10. Valores mensuales de inmisión

Compuesto	Valor
Dióxido de azufre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	82
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	29
Dióxido de nitrógeno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	79

Tras examen de los valores recogidos, se concluye que todos los contaminantes se encuentran por debajo de los valores límite establecidos por la legislación vigente para la protección de la salud. Cabe destacar que no supera el valor límite ninguno de los días.

1.4.1.2.3. Valoración de la calidad del aire

La valoración de la calidad del aire se realiza en base a los datos de inmisión antes estudiados. En general, no se han sobrepasado los niveles límite establecidos por la legislación vigente para

la protección de la salud humana. Por lo tanto, desde un punto de vista conservador, el valor global de la calidad del aire se considera como medio.

1.4.1.3. Geología

1.4.1.3.1. Marco geológico

El cuadrante de San Roque está constituido por materiales del Cretácico inferior, los depósitos cuaternarios son abundantes en esta zona, siendo especialmente frecuentes los de origen antropogénico, asociados a las zonas industriales. Estos depósitos antropogénicos son acumulaciones de materiales muy heterogéneos en cuanto a origen y tamaño de grano. En consecuencia, el área donde se ubicará la nueva planta de etil-glicol está constituida por depósitos cuaternarios de origen antropogénico de diversas procedencias, asentada sobre cajones de hormigón armado.

1.4.1.3.2. Valoración geológica

Dado que los terrenos donde se localizará la parcela son depósitos cuaternarios de origen antropogénico efectuados sobre roca poco singular muy alterada, su valor geológico es muy bajo. Esta valoración es extensible también al posible interés paleontológico de las formaciones identificadas, siendo en el ámbito de la parcela de estudio nulo.

1.4.1.4. Hidrología

1.4.1.4.1. Hidrología superficial

La parcela se encuentra situada en la línea de costa, formando parte del Dominio Marítimo Terrestre. Si se analiza la hidrología específica de la propia parcela se observa que no es afectada por ningún curso permanente de agua superficial. En conclusión, la parcela recibe únicamente las aguas de lluvia que caen por precipitación directa sobre su superficie, y éstas se infiltran en el terreno.

1.4.1.4.2. Calidad de las aguas

A finales del siglo XX, ante la precaria situación ambiental de la zona y sumidos ya en una época en que el deterioro del medio ambiente constituye una auténtica preocupación de la sociedad, el Consorcio de Aguas del Gobierno Andalúz desarrolló un plan integral a medio plazo con el objeto de mejorar la calidad de las aguas del puerto de San Roque.

Dicho plan tiene como objetivo remedir varios aspectos indicadores de la nefasta calidad de las aguas en la zona: eutrofización, evidente contaminación derivada de diversos tipos de vertidos, mal olor, contaminación microbiana de las playas locales... Las medidas tomadas consisten en una red de interceptores y colectores de canales de alcantarillado y en dos estaciones depuradoras de aguas residuales.

Hoy en día, las aguas del puerto de San Roque han experimentado una notable mejoría, gracias a la reducción de vertidos y al cierre de vertidos muy contaminantes.

El enfoque empleado para determinar la calidad de las aguas considera todos los factores que de forma integrada reflejan el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. En consecuencia, se manejan tres tipos de indicadores: fisicoquímicos en agua y sedimentos, biológicos y del componente hidromorfológicos.

1.4.1.4.3. Valoración de la hidrología

En relación a la hidrología superficial, su calidad es media-baja. Por otra parte, la calidad del agua marina se considera aceptable. En cuanto a la hidrología subterránea, se le atribuye en el ámbito de este inventario un valor de calidad media-baja; a raíz de la calidad fisicoquímica actual de las aguas y de su vulnerabilidad a la contaminación.

1.4.1.5. Vegetación terrestre

El estudio de la vegetación se aborda desde dos puntos de vista: vegetación potencial y vegetación actual.

1.4.1.5.1. Vegetación potencial

Antes de que el hombre interviniera alterando la naturaleza, cada territorio estaba ocupado por una vegetación primitiva. En el caso que nos ocupa la vegetación potencial es prácticamente nula, ya que la parcela se trata de una extensión de tierra que consta exclusivamente de pequeñas zonas matorral bajo siendo la mayor parte de tierra.

1.4.1.5.2. Vegetación actual

Los ecosistemas que actualmente se encuentran en San Roque son el resultado de la evolución de las masas vegetales que han sido manejadas por el hombre, resultando un mosaico de unidades de vegetación que difieren sustancialmente de lo que cabría esperar en un desarrollo exento de esas transformaciones.

En la actualidad, se reconocen una serie de unidades de vegetación a lo largo y ancho del municipio como vestigio de la vegetación primitiva: masas forestales, matorral-monte mediterráneo, pastizales, cultivos, praderas de fanerógamas submarinas y vegetación de dunas litorales. A continuación, se describen esas unidades de vegetación mencionando los conjuntos de formaciones de menor entidad que agrupan, teniendo en cuenta que son elementos cambiantes susceptibles de sufrir modificaciones según las intervenciones en el territorio:

- Masas forestales: alcornocales, bosques de ribera, pinares y eucaliptales.
- Matorral-monte mediterráneo: matorral de cumbres, lentiscar, brazal y jaral.
- Pastizales: gramíneas, leguminosas, compuestas, cariofiláceas, crucíferas, geraniáceas y plantagináceas.
- Cultivos: cultivos de secano y de regadío-intensivos.
- Praderas de fanerógamas submarinas.
- Vegetación de dunas litorales: *armeria macrophylla* y *sideritis arborescens* subsp. *Perezlariae*.

En lo que respecta a la parcela de interés, no destaca ninguna especie.

1.4.1.5.3. Valoración

La parcela de interés, teniendo en cuenta el valor que la cubierta vegetal presenta como biotopo en función de las comunidades faunísticas que alberga, se considera de un valor naturalístico muy bajo desde el punto de vista de la vegetación.

1.4.1.6. Fauna terrestre, fauna marina y avifauna

1.4.1.6.1. Ámbito y metodología

El área de estudio se encuentra situada en la costa sur de San Roque. Además de la modificación del medio como consecuencia de la tradicional deforestación por fuego y pastoreo, existen diversas instalaciones industriales ligadas al puerto, infraestructuras viarias y un fuerte uso recreativo, especialmente en verano a raíz del turismo en la zona; en consecuencia, todo el entorno se encuentra fuertemente modificado.

Teniendo en cuenta el alto grado de movilidad de la fauna en general se ha considerado en cuanto a la descripción faunística:

- El área directamente ocupada por la futura planta.

- El entorno próximo a Los Barrios, San Roque, La Alcaidesa y el estrecho de Gibraltar; además de los montes y valles más próximos.

En relación al segundo de los ámbitos destaca el estrecho de Gibraltar al poseer una gran diversidad zoológica, ya que se sitúa estratégicamente entre dos mares, Océano Atlántico y Mar Mediterráneo, y entre dos continentes, Europa y África; además de servir de puente de unión en las rutas migratorias intercontinentales y entre los citados mares. Por tanto, el municipio de San Roque posee las condiciones potencialmente adecuadas para albergar una gran diversidad de especies de animales en su territorio.

Cabe destacar que la fauna terrestre, la fauna marina y las aves tampoco quedan ajenas a las perturbaciones consecuencia de las actuaciones del ser humano sobre el medio, viéndose más o menos afectadas según la intensidad y la duración de las actividades humanas.

A continuación, se realiza una descripción faunística de la comunidad presente en el ámbito de estudio, en la que los grupos estudiados son los siguientes: macroinvertebrados acuáticos, ictiofauna epicontinental, anfibios, reptiles, mamíferos, fauna marina y avifauna. A sí mismo, se han considerado tanto las especies que presentan un mayor interés faunístico, así como los espacios de mayor valor naturalístico. Para la realización del presente estudio se ha procedido a la recogida de información existente, tanto publicada como de trabajos realizados; además, se ha consultado a organismos de la Administración, como el Gobierno Andaluz o el Ayuntamiento de San Roque.

1.4.1.6.2. Comunidad faunística

En este análisis se ha abordado la descripción de la comunidad faunística de la zona a través de la descripción de las especies características o indicadoras y las de mayor interés, ya que la comunidad se entiende en sentido amplio como el conjunto de especies que viven en un hábitat determinado y explotan sus recursos. Las especies que se mencionan son de presencia segura en el área de estudio o en zonas muy próximas de características similares. En resumen, se presentan las especies animales agrupadas en los grandes grupos correspondientes del reino animal:

- Macroinvertebrados acuáticos: insectos, destacan ephemeroptera (*baetis fuscatus*, *baetis pavidus*, *baetis rhodani*, *ecdyonurus* sp., *caenis luctuosa*, *caenis rhenicola*, *ephoron virgo*) y trichoptera (*hydropsyche exocellata*).

- Ictiofauna epicontinental: lamprea marina (*petromyzon marinus*), anguila (*anguilla anguilla*), pejerrey (*atherina boyeri*), barbo gitano (*barbus sclateri*), boga del Guadiana (*chondrostoma willkommii*) y cachuelo (*squalius pyrenaicus*).
- Anfibios: gallipato (*pleurodeles walt*), salamandra (*salamandra salamandra longirostris*), tritón pigmeo (*triturus pygmaeus*), sapillo pintojo meridional (*discoglossus jeanneae*), sapillo moteado ibérico (*pelodytes ibericus*), sapo de espuelas (*pelobates cultripes*), sapo común (*bufo bufo*), sapo corredor (*bufo calamita*), rana común (*rana perezi*) y ranita meridional (*hyla meridionalis*).
- Reptiles: galápago leproso (*mauremis leprosa*), galápago europeo (*emys orbicularis*), culebrilla ciega (*blanus cinereus*), eslizón ibérico (*chalcides bechiagai*), eslizón tridáctilo ibérico (*chalcides estriatus*), salamanquesa dorada (*hemidactylus turcicus*), salamanquesa común (*tarentola mauritanica*), lagartija colirroja (*acanthodactylus erythrurus*), lagartija ibérica (*podarcis hispanica*), culebra de herradura (*cluber hippocrepis*), culebra de escalera (*elaphe scalaris*), culebra bastarda (*malpolon monspessulanus*), culebra de Cogulla (*macroprotodon cucullatus*), culebra de Collar (*natrix natrix*), víbora hocicuda (*vipera latasti*) y culebra viperina (*natrix maura*).
- Mamíferos: muflón (*ovies musimon*), gamo (*dama dama*), jabalí (*sus scrofa*), rata de agua (*agricola sapidus*), corzo (*capreolus capreolus*), ciervo rojo (*cervus elaphus hispanicus*), nutria paleártica (*lutra lutra*), gato montés europeo (*felis silvestris*), musgao enano (*suncus etruscus*), topo ibérico (*talpa occidentalis*) y papiones (*papio anubis*).
- Fauna marina: delfín común (*delphinus delphis*), delfín mular (*tursiops truncatus*), delfín listado (*stenella coeruleoalba*), ballena de los Vascos (*eubalaena glacialis*), cachalote (*physeter macrocephalus*), marsopa común (*phocoena phocoena*), rorcual aliblanco (*balaenoptera acutorostrata*), rorcual común (*balaenoptera physalus*), calderón gris (*grampus griseus*), calderón de aleta larga (*globicephala melas*), orca (*orcinus orca*), zifio (*ziphius cavirostris*), rorcual boreal (*balaenoptera borealis*), yubarta (*megaptera novaengliae*), tortuga boba (*caretta caretta*) y tortuga verde (*chelonina mydas*).
- Avifauna: en las Tablas 1.11 se recogen las aves más interesantes ya sea por su estatus de protección, su aparición estacional o por ser residentes en la zona y contar con un especial interés ornitológico.

Tablas 1.11. Aves de mayor interés en el área de San Roque

Especie	Residente	Invernante	Estival	Migrante
Cernícalo Primilla (<i>Falco naumanni</i>)			X	X
Halcón peregrino (<i>Falco peregrinus</i>)	X	X		X
Cernícalo Vulgar (<i>Falco tinnunculus</i>)	X			
Busardo Ratonero (<i>Buteo buteo</i>)	X	X		
Águila-azor Perdicera (<i>Hieraaetus fasciatus</i>)	X			
Gavilán común (<i>Accipiter nisus</i>)	X			X
Águila culebrera (<i>Circus gallicus</i>)			X	X
Aguiluilla calzada (<i>Hieraaetus pennatus</i>)			X	X
Milano negro (<i>Milvus migrans</i>)			X	X
Halcón abejero (<i>Pernis apivorus</i>)				X
Alimoche (<i>Neophron percnopterus</i>)			X	X
Aguilucho lagunero (<i>Circus aeruginosus</i>)		X		
Aguilucho pálido (<i>Circus cyaneus</i>)		X		
Águila pescadora (<i>Pandion haliaetus</i>)		X		
Esmerejón (<i>Falco columbaris</i>)		X		
Avetorillo común (<i>Ixobrychus minutus</i>)			X	
Garza real (<i>Ardea cinerea</i>)	X			

Especie	Residente	Invernante	Estival	Migrante
Picogordo (<i>Coccyzus coccyzus</i>)	X			
Escribano soteño (<i>Emberiza cirrus</i>)	X			
Escribano montesino (<i>Emberiza cia</i>)		X		
Escribano palustre (<i>Emberiza schoeniclus</i>)		X		
Triguero (<i>Miliaria calandra</i>)	X			

1.4.1.6.3. Especies de elevado interés faunístico

Se han considerado especies de elevado interés faunístico aquellas especies que crían en el ámbito considerado y que han sido catalogadas de acuerdo a especies:

- En peligro de extinción.
- Vulnerables.
- Raras.
- De especial interés.

Se mencionarán aquellas especies de cada uno de los grupos introducidos en el anterior apartado que se encuentren bajo la denominación de especies de elevado interés faunístico:

- Ictiofauna epicontinental: en el grupo de los peces todas las especies están protegidas en mayor o menor medida, es decir, son catalogadas como vulnerables. Destacan la lamprea marina, la boga del Guadiana y el cachuelo.
- Anfibios: de entre los anfibios destacamos la salamandra y el tritón pigmeo, especies catalogadas como raras y vulnerables.
- Reptiles: el galápago europeo, la culebra de Collar y la víbora hocicuda son especies catalogadas como vulnerables.
- Mamíferos: presenta especies de interés como pueden ser el corzo, el ciervo rojo, el jabalí, el gamo o el muflón por su interés cinegético; catalogadas como de especial interés. En cambio, la rata de agua, la nutria paleártica, el gato montés europeo, el musgao enano y el topo ibérico son especies protegidas que habitan en las tierras del municipio; catalogadas como vulnerables.
- Fauna marina: la ballena de los Vascos parece estar extinguida a pesar de que a principios de siglo era frecuente en estas aguas, especie catalogada en peligro de extinción o extinguida. Además, las grandes tortugas marinas son de especial interés tanto por su grado de protección como por sus desplazamientos por las aguas del término.

Por otra parte, hay varias especies que son ocasionales o que únicamente aparecen durante la migración y que están catalogadas como vulnerables, raras y de interés especial; destacando el grupo de las aves que despiertan el interés de los ornitólogos de todo el mundo.

1.4.1.6.4. Áreas de interés

En el área directamente ocupada por el proyecto estudiado no existe ningún área merecedora de destacar por su interés, ya que se trata de una zona fuertemente alterada y con una fuerte actividad humana continua que impide el asentamiento de cualquier especie de interés faunístico.

Por otro lado, en un ámbito más alejado que el considerado en el estudio destacan las siguientes áreas de interés faunístico:

- Cuenca del río Guadarranque: se crían varias especies raras y de interés especial, además de albergar un elevado número de aves en invernada y en migración.
- Espacios serranos.
- Colinas de transición.
- Frente mediterráneo: el carácter mediterráneo que presenta esta área hace posible la presencia tanto de especies atlánticas como de especies con carácter mediterráneo.

- Valle del río Guadiaro: a pesar de la presión humana existente, esta zona presenta un elevado número de especies, especialmente en periodo de migración o invernada; se trata de especies ligadas al medio acuático, a la vegetación acuática y a los limos.

1.4.1.6.5. Resumen y valoración de la fauna

La valoración con la que se le puede atribuir a la fauna terrestre, fauna marina y avifauna en el entorno más próximo a la parcela es alta, estando asociada a los hábitats de calidad identificados en el apartado relacionado con la vegetación. A su vez, el área directamente afectada por el proyecto es una zona carente de interés faunístico (terrestre).

En conclusión, se considera que la variable fauna en este estudio cuenta con un valor medio.

1.4.2. Descripción y valoración de los riesgos y molestias inducibles

1.4.2.1. Ruidos

Para evaluar el impacto ambiental por ruido generado por la implantación de una nueva actividad en una determinada zona es imprescindible conocer cuál es la situación previa a la entrada en funcionamiento de dicha actividad, es decir, conocer la distribución de los principales focos y los niveles de ruido originados por las actividades ya existentes en el área de influencia del proyecto. Como ya se ha descrito con anterioridad, la instalación de producción de etil-glicol se situará en una parcela del Puerto de San Roque, en donde existen diversas actividades implantadas (refinería...) capaces de originar impacto acústico.

En relación con el impacto sonoro que pueda causar la planta descrita en este proyecto, se pueden identificar la siguiente relación de focos generadores de ruido en las futuras instalaciones, como son: torres de refrigeración, proceso productivo, sala de compresores y estaciones de bombeo de productos químicos.

1.4.2.1.1. Valoración del ruido

Teniendo en cuenta que las nuevas instalaciones se localizarán en una zona del puerto de San Roque cercana a otras industrias de gran impacto acústico, se puede considerar que la calidad del medio en relación al nivel de ruido en el ámbito de proyecto es, en general, baja.

1.4.2.1.2. Legislación existente en materia de ruido

En el ámbito comunitario se establece la Directiva 2002/49/CE de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. Esta directiva tiene como objetivo establecer un

enfoque común destinado a evitar, prevenir o reducir con carácter prioritario los efectos nocivos, incluyendo las molestias, de la exposición al ruido ambiental. Para hacer esto realidad, se aplicarán progresivamente las medidas siguientes:

- Determinación de la exposición al ruido ambiental, mediante la elaboración de mapas de ruido según métodos de evaluación comunes a los estados miembros.
- Puesta a disposición de la población la información sobre el ruido ambiental y sus efectos.
- Adopción de planes de acción por los Estados miembros con vistas a prevenir y reducir el ruido ambiental siempre que sea necesario y, en particular, cuando los niveles de exposición puedan tener efectos nocivos en la salud humana; y a mantener la calidad del entorno acústico cuando ésta sea satisfactoria.

En el ámbito estatal destaca la Ley 37/2003 de 17 de noviembre, por la que se traspone al Estado Español la Directiva Europea 2002/49/CE. Esta ley tiene por objeto prevenir, vigilar y reducir la contaminación acústica, para evitar y reducir los daños que de ésta puedan derivarse para la salud humana, los bienes o el medio ambiente. Están sujetos a las prescripciones de esta ley todos los emisores acústicos de cualquier índole, así como las edificaciones en su calidad de receptores acústicos.

El Gobierno ha de fijar los objetivos de calidad acústica aplicables a cada tipo de área acústica, de manera que se garantice, en todo el territorio del Estado español, un nivel mínimo de protección frente a la contaminación acústica. Se emplearán índices acústicos homogéneos correspondientes a las 24 horas del día, al periodo diurno, al periodo vespertino y al periodo nocturno. A su vez, los valores límite de emisión de los diferentes emisores acústicos serán determinados por el Gobierno.

A mayores, en el Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, se desarrolla la Ley 37/2003 en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental; estableciendo un marco básico destinado a evitar, prevenir o reducir con carácter prioritario los efectos nocivos de la exposición al ruido ambiental y completar la incorporación a nuestro ordenamiento jurídico de la Directiva 2002/49/CE.

1.4.2.2. Riesgos geotécnicos y gravitacionales

El objetivo de este apartado es identificar y valorar aquellas variables de las que dependen los riesgos geotécnicos que presenta el emplazamiento donde se pretende instalar la planta. En la parcela objeto de estudio no existen indicios de riesgo geotécnico alguno.

1.4.2.3. Procesos erosivos. Pérdida de suelos

Debido a que el emplazamiento de la planta va a estar situado en suelo creado a partir de rellenos antropogénicos y sin vegetación se considera la pérdida del suelo como muy baja.

1.4.3. Descripción y valoración de los factores estético-culturales

1.4.3.1. Patrimonio cultural

1.4.3.1.1. Arqueología

En el ámbito del proyecto existe un yacimiento arqueológico de gran relevancia, el yacimiento arqueológico romano Carteia, pero no se interfiere ni con este enclave ni con ninguna de las Zonas de Presunción Arqueológica de Andalucía.

1.4.3.1.2. Otros valores culturales y patrimoniales

El ámbito de la instalación no consta de ningún otro elemento de interés cultural que pueda verse afectado por el proyecto a realizar.

1.4.3.1.3. Valoración

Los valores patrimoniales y culturales existentes en el ámbito del proyecto poseen una valoración media, sin embargo, no serán afectados por el desarrollo de la actividad industrial llevada a cabo en la instalación.

1.4.3.2. Paisaje

El paisaje constituye la expresión espacial del medio. Su incorporación en el estudio del medio físico se justifica por:

- Su carácter de síntesis de todos los elementos que son contemplados de forma aislada.

- La escasez de paisajes de valor. En este sentido, el paisaje pasa a ser un recurso más a proteger y a tener en cuenta en los procesos de planificación y ordenación del territorio.

1.4.3.2.1. Descripción del paisaje actual en el ámbito del estudio

En el ámbito próximo a la ubicación del proyecto se distinguen las siguientes unidades homogéneas de paisaje: zona agraria con dominio de prados y cultivos de secano y regadío-intensivos, además de relieve representado por la cuenca del río Guadarranque, las colinas de transición y el valle del río Guadiaro.

1.4.3.2.2. Valoración

La calidad intrínseca del paisaje en la situación actual se considera media debido a:

- Su valor de contenido es medio-alto a raíz de las actividades radicadas en el mismo; como son la de procesos productivos, comerciales...
- Su valor estético es medio debido al efecto intrusivo de las instalaciones implantadas y de las intervenciones antropogénicas efectuadas, sobre un medio natural que originariamente presentaba un gran valor.
- Su valor visual es medio-alto dado que existen interesantes panorámicas de la zona.

1.4.4. Descripción y valoración de los factores sociales, económicos, políticos y territoriales

1.4.4.1. Gestión territorial

Se analizan los usos del suelo en los terrenos donde se pretende implantar la actividad y se identifican los proyectos y desarrollos planificados para la zona de estudio.

1.4.4.1.1. Uso del suelo

El terreno donde se ubicará la planta está comprendido área de uso industrial.

1.4.4.1.2. Proyectos actuales y futuros

El puerto de San Roque ha experimentado desde el inicio de las obras de ampliación un gran salto cualitativo. En cuanto a la mejora de la accesibilidad, con la terminación de los accesos por carretera se han completado los ejes básicos de accesibilidad a las nuevas instalaciones portuarias.

1.4.4.1.3. Valoración

Por la magnitud de los proyectos en curso y en previsión, la valoración de esta variable se considera media.

1.4.4.2. Socioeconomía

Se repasan en este apartado los principales indicadores socioeconómicos de San Roque.

1.4.4.2.1. Indicadores socioeconómicos

Con un área de 140,0 Km², San Roque está situada en el extremo suroriental de la provincia de Cádiz, limitando al mismo tiempo con el mar Mediterráneo y la bahía de Algeciras.

1.4.4.2.2. Demografía

La densidad de la población es de 214,06 hab/km², un valor representativo del entorno que rodea a los terrenos de interés caracterizado por núcleos urbanos pequeños.

A pesar de que en el pasado el municipio sufrió importantes procesos migratorios que mermaron su población; en la actualidad parece estimarse una tendencia del mantenimiento de la misma. La población de San Roque contaba con 29.575 personas a 1 de enero de 2016, según cifras del Instituto Nacional de Estadística. De estos, 4.627 son de nacionalidad extranjera, lo que representa un 15,8% del total.

1.4.4.2.3. Empleo

En San Roque se encuentra el mayor núcleo industrial de Andalucía, empresas tan importantes como Abelló Linde, Alstom, Cepsa, Endesa Generación, Enel, E.ON, Repsol o Gas Natural Fenosa forman parte de este polígono industrial. La principal instalación de este polígono industrial es la refinería de Gibraltar-San Roque perteneciente a Cepsa. Estas industrias proporcionan empleo a más de 11.700 personas, poseen un volumen de negocio de más de 10.000 millones de euros anuales y generan un valor añadido bruto de 1.000 millones, el equivalente al 0,7% del PIB andaluz.

1.4.4.2.4. Sectores de producción

Las características del sector primario vienen definidas por una serie de parámetros relativos tanto al personal ocupado como a la superficie que abarca, el número de explotaciones, los tipos de cultivo y la cabaña ganadera. El municipio de San Roque cuenta con 7 Km² de superficie agrícola (año 2015), lo que significa un 5% de la superficie del municipio. En referencia al ámbito ocupado por la parcela donde se ubicará la planta, la productividad primaria agraria es nula. En

cuanto a la productividad primaria pesquera, se producen capturas de peces en la zona; sin embargo, el nivel de capturas no es elevado al no ser buena la calidad de la bahía.

En relación a las actividades desarrolladas del sector secundario las más relevantes fueron mencionadas en el apartado empleo, destacando la refinería de Gibraltar-San Roque de Cepsa y las tres centrales térmicas de ciclo combinado propiedad de Endesa Generación, Gas Natural Fenosa, Cepsa y E.ON.

Por último, la hostelería y el turismo representan el sector terciario, estas proporcionan actividad a los núcleos del Valle del Guadiaro; destacando la zona residencial de lujo de Sotogrande, el complejo turístico de San Roque Club y sus campos de golf.

1.4.4.2.5. Indicadores económicos de los puertos cercanos a San Roque

En las zonas colindantes a San Roque se encuentran tres puertos, el puerto de la bahía de Algeciras, el puerto de Gibraltar y el puerto de Guadarranque. Entre estos destaca por su infraestructura y su relevancia el puerto de la bahía de Algeciras.

El puerto de la bahía de Algeciras es de carácter comercial, dotado tanto de infraestructuras marítimas como de servicios auxiliares diseminados a largo de toda la bahía de Algeciras; además serían suficientes para atender a todo tipo de buques y todo tipo de mercancías. Su situación geográfica le configura como puerto de enlace con América, sur y norte de Europa, África y Asia.

De igual manera, se puede considerar al Puerto de Algeciras como un centro de distribución de mercancías, ya que es el primer puerto de España en tráfico total de mercancías, el primero del mar Mediterráneo y se encuentra el puesto 25 del mundo en transporte de contenedores habiendo alcanzado en 2015 los 98,2 millones de toneladas en tráfico total.

En cuanto al transporte de sólidos se desplazan más de 2 millones de toneladas, principalmente carbón a raíz de la actividad de Endesa Generación. Para ello, dispone de su propio muelle de descarga de 360 metros de longitud y 23 metros de calado.

Así mismo, el puerto tiene un gran movimiento de graneles líquidos y suministro de combustible a buques. La refinería de Cepsa posee una serie de tuberías subterráneas para hacer llegar el producto hasta los tanques de la refinería.

1.4.4.2.6. Valoración

En base a los parámetros expuestos, se entiende que en la actualidad el grado de desarrollo socioeconómico, nivel de productividad y nivel de bienestar social en la zona considerada se

considera medio. Cabe decir por lo tanto que su potencialidad es buena y reside básicamente en el desarrollo de la industria y el sector servicios.

1.4.5. Síntesis de la valoración del inventario ambiental

Las características dominantes en cuanto al valor actual de los elementos del medio analizados son:

- Una media calidad generalizada de las variables que definen el medio físico y las molestias y riesgos industriales.
- La inexistencia de elementos del patrimonio cultural, histórico, artístico y arqueológico.
- Una calidad paisajística media, debido a su ubicación costera y a su extensa cuenca visual.
- Un grado de desarrollo socioeconómico medio.
- Una planificación territorial buena en términos de desarrollo comarcal.

1.5. Identificación y valoración de los impactos ambientales

1.5.1. Metodología

1.5.1.1. Identificación de impactos.

La identificación de impactos se realiza combinando la información contenida en los apartados anteriores y la del medio donde se produce.

Para poder identificar los impactos se debe describir justificadamente el impacto diferenciando su signo global y establecer un desbaste inicial justificado dentro de los impactos negativos en función de su grado de significación global, de manera que se segregan aquellos impactos que no resulten determinantes para no enmascarar los auténticos problemas ambientales.

1.5.1.2. Valoración de impactos

La valoración de los impactos identificados se realiza diferenciando entre cuatro niveles de gravedad: crítico, severo, moderado y compatible.

La valoración se efectúa analizando la magnitud e importancia del impacto, lo que permite establecer la gravedad del mismo.

- Magnitud: La magnitud define la dimensión del impacto. Es el grado de incidencia de las acciones del proyecto sobre el medio afectado.
- Importancia: Se define como la trascendencia o significación del impacto y se basa en un análisis del carácter del impacto y la calidad intrínseca del medio afectado.
 - Carácter del impacto: Se basa en la consideración de los siguientes aspectos.
 - Extensión: área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto.
 - Momento: tiempo que transcurre entre la acción en el proyecto y su manifestación en el medio.
 - Persistencia: tiempo que permanece el efecto desde su aparición.
 - Reversibilidad: posibilidad de reconstrucción del medio.
 - Sinergias: es la componente total de la suma de los efectos simples.
 - Acumulación: indica el grado de incremento progresivo de la manifestación del efecto.
 - Efecto: indica la forma de manifestación de un efecto sobre un factor.
 - Periodicidad: regularidad de la manifestación del efecto.
 - Recuperabilidad: posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado como consecuencia del proyecto.

1.5.2. Medio físico y biológico

1.5.2.1. Alteraciones microclimáticas

Debido a las características del proyecto y su extensión no es capaz de producir un impacto mesoclimático aunque el microclima podría verse afectado por el efecto de la ocupación del suelo.

1.5.2.2. Alteración de la calidad del aire

La construcción y puesta en funcionamiento de nuevas instalaciones puede ocasionar variaciones en los niveles de emisión e inmisión de contaminantes atmosféricos en el ámbito del proyecto.

Durante la construcción, el acondicionamiento de las tierras, la manipulación de materias primas y el tráfico de vehículos pesados implican la emisión a la atmósfera de agentes contaminantes tales como polvo y partículas, así como productos de la combustión en motores de combustibles fósiles. Las consecuencias principalmente pueden ser molestias oculares y respiratorias y resultan poco significativas en relación al resto de actividades desarrolladas en el entorno del proyecto por lo que no se espera que las actividades de obra superen los límites de calidad del aire en el ámbito de proyecto.

Durante el funcionamiento regular la planta contará con un único punto de emisión que será la caldera de gas encargada de proporcionar tanto el vapor de agua de alta como de baja presión.

Las principales emisiones de la caldera son dióxido de carbono, y pequeñas cantidades de sulfuro de hidrógeno por lo que el impacto se considerará moderado.

1.5.2.3. Alteración del valor geológico-geomorfológico

La zona donde se va a emplazar la planta de producción de etil-glicol está representada en el plano nº 2. La parcela se encuentra relativamente explanada a la cota +16,00. La cota aproximada donde se situará la cota +0,00 de la solera de la nave será la +7,50 del plano topográfico. El impacto se considera no significativo.

1.5.2.4. Alteración de la calidad del agua superficial

Durante la fase de obras resulta muy habitual la producción de aguas residuales de distinta naturaleza: excavaciones, lavado de maquinaria y equipos, etc.

También se producen en esta fase aguas domésticas procedentes de las casetas de obra. Estos flujos estarán perfectamente controlados y no plantarán problemas significativos.

La magnitud y naturaleza de los eventuales vertidos es limitado, por lo que el impacto producido se considera compatible, no obstante, se deben tomar medidas para prevenir este impacto.

La afectación a la calidad de las aguas superficiales en fase de explotación está asociada a los diferentes vertidos líquidos producidos.

El tratamiento de los efluentes líquidos de la planta se trata dependiendo de su origen.

Las aguas pluviales residuales de la primera media hora de lluvia se recogerán en un tanque de tormentas que se tratará más tarde en la planta de tratamiento de aguas mientras que el agua excedente del tanque de tormentas se considera agua limpia y se verterá directamente al mar.

La corriente de aguas procedente del proceso y de los cubetos en caso de derrame accidental se conducen a la planta de tratamiento de aguas.

A priori el efluente no presentaría sustancias que puedan influir de manera significativa en la calidad de las aguas, por lo que el impacto se considera compatible.

En el caso de un posible vertido el efluente podría presentar sustancias que influyesen de manera significativa en la calidad de las aguas por lo que la gravedad del impacto se consideraría moderada.

1.5.2.5. Alteración de la calidad del agua y del suelo

Para evitar la afección al suelo y las aguas todos los tanques de almacenamiento dispondrán de cubetos para retener los posibles derrames. Serán ejecutados en hormigón según la legislación aplicable. El fondo de los cubetos contará con pendiente hacia los puntos de evacuación para evitar la generación de lixiviados.

Atendiendo a las consideraciones efectuadas anteriormente y teniendo en cuenta las medidas correctoras disponibles el impacto se definirá como compatible.

La planta además, cuenta con diversas medidas para la protección de la contaminación del suelo como que toda ella se encuentra pavimentada, que todos los tanque cuentan con cubeto de retención y la planta cuenta con una red separada de recogida de agua de lluvia, que en caso de grandes derrames se podría desviar a la depuradora.

Por lo tanto, en el caso de un funcionamiento anómalo se considera la gravedad del impacto como compatible.

1.5.2.6. Alteración de la fauna y la vegetación

La construcción de la planta y los viales necesarios se va a realizar sobre un terreno en el que no existe vegetación por lo que el impacto de la fase de obras se considera no significativo.

En cuanto a la fauna, debido a que la superficie en la que se van a construir las nuevas instalaciones se encuentra sin vegetación, y en ella no reside ninguna especie de vertebrado de interés, se considera no significativo la afectación durante la fase de obras.

Durante la fase de explotación se producirá un ligero aumento de la actividad humana ya existente en la zona con lo que se producirá una mayor alteración del medio con un descenso de la calidad natural de la fauna de la zona principalmente por el aumento de ruidos y la mayor posibilidad de atropello y colisión. El radio de afectación es más amplio que el terreno ocupado por la planta.

Por lo tanto, el impacto se considera compatible para la fauna terrestre y no significativo para la acuática.

En el caso de funcionamiento anómalo como en el perímetro no residen especies de interés no se espera un efecto significativo por lo que la gravedad del impacto se considera a priori como compatible.

1.5.3. Riesgos y molestias inducibles

1.5.3.1. Impacto acústico

A lo largo del proceso constructivo de la planta las emisiones sonoras irán asociadas al continuo tránsito de camiones dentro de la parcela y al funcionamiento de la maquinaria de obra. La magnitud del impacto se considerará como compatible y que debido a la intensa actividad existente en la zona el nivel acústico de fondo ya es por sí elevado.

Para evaluar el impacto generado por el ruido durante la fase de explotación es imprescindible conocer cuál es la situación previa a la entrada en funcionamiento de dicha actividad, es decir, conocer los principales focos y niveles de ruido preexistentes. El ruido generado tendrá su origen en la maquinaria y debido a que las viviendas más cercanas se encuentran a distancias elevadas se concluye que la magnitud del impacto es compatible.

1.5.3.2. Riesgos de accidentes e incidentes

Durante las obras del proyecto se presentarán los riesgos comunes a cualquier obra de construcción de una planta de este tipo, sin embargo, adoptando las medidas establecidas en la legislación podemos considerar este impacto como compatible.

Durante la fase de operación se manejarán diversos productos químicos peligrosos por ello a parte de los accidentes habituales como caídas y golpes pueden producirse accidentes puntuales por el manejo de estas sustancias.

El riesgo de incendio es bajo debido a que la mayor parte de las sustancias inflamables se encuentran en disolución acuosa. Por lo que la gravedad de este impacto se considera moderada.

1.5.3.3. Inducción de riesgos geotécnicos y gravitacionales

En relación con el emplazamiento de la planta y de los viales de acceso a la misma, no es probable que ninguna de las acciones del proyecto pueda causar riesgos geotécnicos por lo que el impacto se considera no significativo.

1.5.3.4. Inducción de procesos erosivos y pérdida de suelos

Debido al carácter del suelo, tanto de la parcela como de los viales, se considera no significativo.

1.5.4. Impactos sobre los elementos estético-culturales

1.5.4.1. Impacto sobre el patrimonio

No existen valores arqueológicos, históricos, artísticos o culturales en el ámbito de afección del proyecto por lo que el impacto es no significativo.

1.5.4.2. Impacto visual

El impacto visual es compatible debido a la presencia de instalaciones similares en la zona.

1.5.5. Impactos sobre los elementos socioeconómicos y territoriales

1.5.5.1. Impactos sobre la planificación y gestión territorial

El impacto sobre la gestión territorial es netamente positivo por tratarse de un proyecto que permite alcanzar uno de los objetivos propuestos de planificación territorial como es el desarrollo comarcal.

1.5.5.2. Impactos sobre la socioeconomía

En la fase de obras podría producirse un impacto negativo sobre el bienestar social de los habitantes del municipio ligado al transporte maquinaria y de vehículos pesados, lo que da lugar a un impacto compatible.

Por otro lado, durante la fase de explotación el impacto se considera positivo debido a la concentración debido a la contratación de personal que incrementará la actividad del sector terciario de la zona.

El impacto en caso de desmantelación se considera significativo pero compatible.

1.5.6. Jerarquización de impactos

Las principales conclusiones que se pueden extraer tras la lectura de los anteriores apartados son las siguientes:

- Fase de obras: Los impactos detectados son los habituales en cualquier obra y montaje de instalaciones industriales tales como emisión de ruidos, polvo, vibraciones, etc.
- Funcionamiento regular: Los principales impactos detectados están asociados principalmente con las emisiones atmosféricas y el paisaje.
- Funcionamiento anómalo: Los impactos identificados son moderados y afectarían principalmente a la calidad atmosférica y de las aguas.

1.5.6.1. Impactos negativos moderados

- Alteración de la calidad del aire en caso de funcionamiento anómalo y fase de explotación.
- Alteración de la calidad de las aguas en el caso de un funcionamiento anómalo de los equipos de depuración.
- Riesgos de accidentes especialmente en el caso de vertidos o emisiones incontroladas.

1.5.6.2. Impactos negativos compatibles

- Alteración de la calidad del aire en fase de obras, sobre todo polvo y partículas, asociado a acondicionamiento de tierras, manipulación de áridos y el tráfico y funcionamiento de vehículos pesados y maquinaria.
- Alteración de las aguas en obras debido a que no existen cauces permanentes que puedan verse afectados y en funcionamiento debido al carácter no tóxico de los vertidos en planta.
- Afección al paisaje por la implantación de las instalaciones en la zona.
- Afección a la socioeconomía de la zona en caso de cese de actividad.

1.5.6.3. Impactos positivos

Existe un impacto positivo tanto sobre la gestión territorial como sobre la socioeconomía local.

1.5.7. Valoración global

Según los resultados obtenidos se puede concluir que como valoración dominante predominan los impactos compatibles sin obviar la existencia de impactos moderados que obligan a implantar medidas correctoras para su minimización y prevención. En las Tablas 1.12 y 1.13 pueden verse las matrices de impacto ambiental sobre el medio biofísico y el socioeconómico respectivamente.

Tabla 1.12. Matriz de impacto ambiental sobre el medio biofísico. Elaboración propia.

Factores ambientales	Impactos	FASE DE EJECUCIÓN						FASE DE EXPLOTACIÓN			FASE DE CLAUSURA		
		Tráfico de vehículos	Excavación y Movimiento de Tierras	Despeje y desbroce	Acopio de Materiales	Construcción de Estructuras	Colocación de Equipos y estructuras prefabricadas	Funcionamiento de la planta	Mantenimiento y reparación	Generación de residuos	Desmantelamiento de la instalación	Restauración del medio	Gestión de materiales
Clima	Alteraciones del clima												
Calidad del aire	Disminución de la calidad del aire												
	Olores desagradables												
Geología	Alteración de las propiedades físicas del suelo												
	Alteración de las propiedades químicas del suelo												
Hidrología	Contaminación de las aguas												
Vegetación	Degradación de la calidad del hábitat vegetal												
	Disminución de la abundancia y diversidad de especies												
Fauna	Degradación de la calidad del hábitat animal												
	Disminución de la abundancia y diversidad de especies												
Ruidos y vibraciones	Aumento de las emisiones acústicas												
Espacios naturales	Degradación de los espacios de interés natural												
Patrimonio cultural y arqueología	Degradación de elementos de patrimonio cultural y de arqueología												

Tabla 1.13. Matriz de impacto ambiental sobre el medio biofísico. Elaboración propia.

Factores ambientales	Impactos	FASE DE EJECUCIÓN						FASE DE EXPLOTACIÓN			FASE DE CLAUSURA		
		Tráfico de vehículos	Excavación y Movimiento de Tierras	Despeje y desbroce	Acopio de Materiales	Construcción de Estructuras	Colocación de Equipos y estructuras prefabricadas	Funcionamiento de la planta	Mantenimiento y reparación	Generación de residuos	Desmantelamiento de la instalación	Restauración del medio	Gestión de materiales
Económico	Aumento de población ocupada												
	Incremento de impuestos												
	Cambio en el valor del terreno												
Social	Aumento de la población urbana												
	Impacto en la Salud												
	Impacto Estético/Paisajístico												

1.6. Medidas preventivas y correctoras

Este capítulo tiene como objeto definir y describir todas aquellas medidas tendentes a evitar, minimizar o corregir los Impactos Negativos, Moderados y Compatibles identificados en el capítulo anterior (situándolos en un nivel Compatible o No Significativo), o a reponer los posibles elementos afectados.

De la misma forma, y en relación con los Impactos Compatibles o no Significativos, también se incluyen en este capítulo, referencias a aquellas buenas prácticas de operación de posible aplicación, tendentes a minimizar o anular dichas afecciones, por leves que sean en origen.

1.6.1. Medias preventivas y correctoras de carácter general

1.6.1.1. Buenas prácticas generales de obra

En fase de obras deberá aplicarse una serie de medidas y buenas prácticas organizativas con el fin de limitar posibles afecciones a la calidad del aire y del suelo/agua y minimizar las molestias sobre la población residente. Básicamente se pueden considerar las siguientes:

- Realizar una mecánica preventiva con relación a la maquinaria de obra con objeto de evitar derrames de combustible o aceites.
- El almacenamiento de bidones con combustible o aceite se realizará fuera del ámbito de la obra con objeto de evitar ser alcanzados por la maquinaria.
- Evitar la realización de las operaciones de limpieza y mantenimiento de vehículos y maquinaria en obra: estas operaciones deberán ser realizadas en talleres, gasolineras o lugares convenientemente acondicionados donde los residuos o vertidos generados sean convenientemente gestionados.
- Limitar las actividades que puedan dar lugar a la emisión/movilización de polvo o partículas a períodos en los que el rango de velocidad del viento (vector dispersante) sea inferior a 10 km/h.
- Mitigar la dispersión de polvo, especialmente en operaciones de carga/descarga, con un ligero riego previo de los materiales, siempre que no dé lugar a la generación de un vertido líquido.
- Las emisiones de vehículos y maquinaria pesada pueden ser reducidas mediante un adecuado mantenimiento técnico de las mismas y el empleo, en la medida de lo posible, de material nuevo o reciente. Este aspecto podría ser incorporado por el licitante como criterio adicional de valoración de contratistas.
- En cuanto al ruido generado durante la fase de obras, una mecánica preventiva de toda la maquinaria puede evitar la generación de ruido innecesario como consecuencia de la existencia de piezas en mal estado.
- Durante la fase de obras se asignará un responsable medioambiental que se encargue de vigilar y registrar las incidencias surgidas durante el desarrollo de las mismas (ver plan de vigilancia).

1.6.1.2. Selección de suministradores y contratistas

El proceso de selección de suministradores y contratistas debería incorporar, entre otros, criterios medioambientales. Así deberían primarse las candidaturas que ofrezcan más garantías de una correcta gestión medioambiental: empresas certificadas en medio ambiente, etc.

1.6.1.3. Sistema de gestión medioambiental

Se recomienda que en fase de funcionamiento sea implantado un Sistema de Gestión Medioambiental que ofrece garantía de eficacia y la ventaja de que pone de manifiesto un comportamiento medioambiental demostrable públicamente a través de la Certificación de un Organismo oficial. Esta medida correctora se puede considerar genérica para minimizar cualquier impacto que se produzca en la fase de explotación.

1.6.1.4. Plan de gestión de vertidos y residuos

Todos los residuos generados tanto en la fase de obra como de funcionamiento deberán ser gestionados adecuadamente de acuerdo con su tipología.

Previamente al comienzo de las obras, en base al análisis tanto de las actividades de obra como de las de mantenimiento, y para cada una de las tipologías de residuos identificadas, se examinarán las posibilidades reales de:

1. Minimización del residuo.
2. Reutilización o reciclaje
3. Vertido en instalación autorizada y adecuada al tipo de residuo o entrega a gestor autorizado.

En el tiempo que transcurre entre la producción del residuo y su gestión, dichos materiales deberán estar adecuadamente acopiados/almacenados de la forma y en el lugar más adecuado para que no produzca ningún tipo de afección.

- La zona seleccionada para el almacenamiento de residuos peligrosos presentará facilidades para la manipulación, traslado, control y transporte de los residuos.
- La zona destinada al almacenamiento de bidones conteniendo aceites usados, disolventes, etc. deberá incorporar un cubeto receptor con altura suficiente que

garantice que no se produzca un vertido a cauce de estos residuos en caso de rotura de alguno de los bidones.

- Los envases deberán agruparse, en la medida de lo posible, en función del residuo que contengan para evitar situar residuos incompatibles en filas contiguas
- La solera sobre la cual se apoyan los bidones, así como los propios envases deberán inspeccionarse diariamente para comprobar que no aparecen fisuras ni lixiviados y verificar el estado de las juntas.

Las conclusiones de este análisis serán distribuidas por escrito a todo el personal de obra y mantenimiento.

1.6.2. Medidas para la minimización del impacto atmosférico y mesoclimático

Durante la fase de obras el seguimiento de unas buenas prácticas permitirá minimizar los Impactos en este sentido.

Respecto a la emisión de polvo, hay que tener en cuenta que el aspecto considerado como emisión de polvo se circunscribe a los límites de la instalación, al mantener los sólidos manipulados en naves cerradas, lo que impide su propagación a otras áreas colindantes.

1.6.3. Medidas para corrección de impactos sobre el suelo y las aguas

A nivel de medidas correctoras y como veremos también de Programa de Vigilancia y Control, estas dos variables ambientales pueden ser tratadas conjuntamente, en tanto que las acciones productoras de impacto son las mismas

1.6.3.1. Medidas generales en obra

- Se mostrará un especial cuidado en la limpieza de los vehículos en sitios preparados “ad hoc”, puesto que actuaciones incontroladas pueden dar lugar a vertidos de aceites y grasas.
- En la medida de lo posible deberá evitarse que los sólidos en suspensión sean vertidos a las aguas sin una decantación previa.

- Por otro lado, todas las naves contarán con solera de hormigón con espesor suficiente para evitar tanto la afección a la calidad del suelo como a la calidad de las aguas subterráneas.

1.6.3.2. Prevención de fugas y derrames

Los escapes de materiales suelen ser muy costosos en términos de pérdida de producto, operaciones de limpieza, saneamiento y eliminación de residuos y constituyen, además, un peligro directo para la salud y para el medio ambiente. La mejor práctica para disminuir los efectos en los que se incurre por las fugas de productos es prevenir que sucedan.

La posibilidad de vertidos disminuye si se cumplen las siguientes medidas:

- Almacenar los contenedores de manera que la posibilidad de rotura sea mínima y se facilite la detección visual de corrosión o fugas. Es conveniente que los bidones metálicos se aislen del suelo por medio de tarimas de madera, para evitar la corrosión por la humedad.
- Utilizar los tanques de almacenamiento y los contenedores siguiendo las recomendaciones del fabricante, y sólo para su propósito inicial. De esta manera se disminuye la probabilidad de rotura de tanques, con las consiguientes fugas, y se evitan problemas de corrosión y ataque de materiales procedentes de un almacenamiento incorrecto.
- Asegurarse de que todos los contenedores siguen un programa de mantenimiento y están en buenas condiciones. La solidez estructural de tanques y recipientes puede asegurarse mediante inspecciones mensuales detalladas que deben incluir los equipos conectados y las estructuras de soporte.
- Almacenar los materiales tóxicos y peligrosos en áreas donde la probabilidad de fugas sea menor, deben situarse donde exista menor potencial de fugas, es decir, con menos corriente de aire, facilidad de acceso sin obstáculos, zonas de poco tránsito y temperatura adecuada.
- Establecer procedimientos formales y controles administrativos para todas las operaciones de carga, descarga y transferencia ya que es donde existe un mayor riesgo de fuga.
- Realizar estudios de prevención de fugas durante las fases de diseño y operación.
- Mantenimiento preventivo consistente en la inspección y limpieza periódicas de los equipos, incluyendo la lubricación, comprobación y reemplazo de piezas defectuosas.

Se utilizarán hojas de instrucciones para los equipos. Las instrucciones de mantenimiento deben estar cerca de cada equipo y detallar sus características, funcionamiento óptimo y mantenimiento necesarios, para evitar una generación inútil de residuos y emisiones.

1.6.3.3. Tanques de almacenamiento. Cubetos

Para evitar posibles afecciones a las aguas y suelos, así como a la atmósfera en caso de materiales volátiles, se proponen las siguientes medidas:

- Llenar los tanques por el fondo debido a que el llenado por el fondo puede reducir las emisiones. Si el llenado debe realizarse desde la parte superior es conveniente disponer de una caña desde su entrada superior hasta la proximidad del fondo del tanque.
- Instalar alarmas de rebose en los tanques de almacenamiento.
- Instalar válvulas de seguridad que incluyan sistemas de cierre.
- En la parte superior de los tanques se dispondrá de un aliviadero de presión que permita la apertura automática de ésta en caso de sobrepresión.
- Los tanques de almacenamiento irán instalados dentro de cubetos cuya superficie estará impermeabilizada y dispondrán de una arqueta de recogida para posibles derrames y válvulas de drenaje normalmente cerradas.
- También se dispondrá en la zona de carga/descarga de camiones, de un sumidero, desde el cual se conducirá a la planta de tratamiento de efluentes líquidos.

Las medidas correctoras que dependen del diseño de los tanques de almacenamiento han sido ya tenidas en cuenta a la hora de redactar el Proyecto Técnico.

1.6.4. Adecuado diseño de los drenajes

Las redes de drenaje se diseñarán para proporcionar una adecuada evacuación de los fluidos residuales, agua de lluvia, de proceso, de servicios contra incendios y otros similares. Los materiales de las conducciones y accesorios serán adecuados para resistir el posible ataque químico de los productos que deben transportar.

1.6.5. Sustancias peligrosas

1.6.5.1. Almacenamiento de sustancias peligrosas

Se tendrá en cuenta en todo momento las instrucciones técnicas complementarias sobre almacenamiento de productos químicos (ITC-MIE-APQ) donde quedan reflejadas las condiciones operativas y constructivas que deben ser contempladas para que no se produzcan, o se reduzcan en la medida de lo posible, Impactos Negativos sobre el medio ambiente y sobre terceros.

Asimismo, se cumplirá lo establecido en el Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban las medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

1.6.5.2. Transporte

Se facilitarán al transportista instrucciones escritas en las que aparezcan recomendaciones de seguridad.

Se solicitará el certificado correspondiente que autorice al vehículo a realizar el transporte de mercancías peligrosas. También se solicitará al conductor la autorización para conducir vehículos con mercancías peligrosas.

1.6.5.3. Clasificado, envasado y etiquetado

Las normas de envasado y etiquetado no son aplicables a productos a granel, no obstante, los productos químicos auxiliares recibidos por los proveedores conservarán el envasado y etiquetado propio. Por otro lado, se debe facilitar a los usuarios una ficha de seguridad.

1.6.6. Impactos por ruido

El funcionamiento de la planta no ocasionará una variación significativa en los niveles de inmisión. Ahora bien, durante la fase de obra, existirá un aumento considerable de estos niveles de forma temporal. Las medidas correctoras adoptables son entre otras:

- Aumentar al máximo posible la fluidez del tráfico, tanto en la zona de obra como en los servicios interceptados, donde el corte temporal de parte de la vía puede ocasionar retenciones y aumento de niveles acústicos considerables. Minimizar el tiempo de funcionamiento de la maquinaria pesada y resto de vehículos y maquinas que supongan un aumento en los niveles acústicos.
- Se seguirán las normas sobre niveles de emisión permitidos para lo que se aislarán y apantallarán adecuadamente la maquinaria responsable de los mayores niveles de ruido.

Dado que los niveles de ruido generados en el interior de la planta durante su explotación se verán disminuidos de cara al exterior por la propia estructura de las naves, el mayor impacto sonoro será el relacionado con el aumento de tráfico pesado asociado a la entrada en funcionamiento de la planta. Para minimizar este ruido se adoptarán las siguientes medidas:

- Limitar la velocidad de tránsito de vehículos y control de las entradas y salidas de fábrica.
- Utilización de firmes que disminuyan la emisión de ruido.
- Reducción en lo posible de las pendientes en los viales para permitir marchas más suaves.

1.6.7. Accidentes

Se deberá cumplir la legislación vigente tanto para la prevención de riesgos laborales como para la prevención de riesgos inherentes a accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas y se realizará un análisis de riesgos para la determinación de los puntos que pudieran presentar una mayor potencialidad de provocar accidentes y/o incidentes.

Con el objeto de minimizar el posible riesgo de accidentes derivado del incremento del transporte de vehículos se recomienda reforzar la adopción de las siguientes medidas:

- Señalización del vial afectado.
- Anunciar los posibles transportes especiales que se produzcan mediante inserciones publicitarias en los distintos Medios de comunicación local.

1.6.8. Medidas para la prevención de explosiones y/o incendios

La planta deberá cumplir con las Normas y Reglamentos establecidos para este tipo de instalaciones. Principalmente se tratará del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RBT),

en el que se establecen las características técnicas que deben cumplir las áreas o locales donde se puedan dar ambientes potencialmente explosivos (zonas clasificadas), y del Reglamento e instrucciones para las instalaciones de almacenamiento (ITC MIE APQ).

En materia de protección contra incendios la planta irá equipada de acuerdo con lo establecido en el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales, en función del riesgo intrínseco de las distintas zonas.

Por otra parte, como es de aplicación Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban las medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, la instalación contará con su correspondiente plan de emergencia, así como con el resto de los requisitos contemplados en dicho decreto.

Dentro de las exigencias del citado R.D. tal como se ha indicado es de obligación elaborar un Plan de Emergencia Interior (PEI), que deberá ser remitido al órgano competente de la Comunidad Autónoma antes de que se inicie la explotación.

La elaboración del PEI se realizará siguiendo la Directriz básica de Protección Civil para el control y planificación entre el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas.

Además de estos procedimientos internos, la instalación estará sujeta a inspecciones anuales del Departamento de Industria (mediante OCA) y de visitas periódicas por parte de Bomberos.

1.6.9. Impacto visual

En la medida de lo posible, durante el periodo de obras se minimizará el impacto visual ocasionado por los movimientos de tierras, almacenamiento de materiales, presencia de vehículos, máquinas y edificios provisionales, etc. mediante el establecimiento de barreras visuales (vallado opaco) entre el medio y las obras empleando pinturas mate para el recubrimiento de las construcciones y el uso de colores que las posibiliten confundirse con el paisaje. Se mantendrán en orden las zonas de aparcamiento nocturno de la maquinaria y vehículos de tal forma que permanezcan dentro de áreas valladas.

1.6.10. Impacto social

A pesar de que en fase de funcionamiento normal el impacto generado por el proyecto objeto de este estudio es considerado como Positivo no debe obviarse el hecho de que una falta de

comunicación por parte de los responsables del proyecto puede acarrear ciertas reticencias por parte de los agentes sociales y económicos.

La necesidad de mantener una fluida comunicación con los agentes afectados por el citado proyecto para que la comprensión del mismo sea total hace necesario el establecimiento de un plan de comunicación externa.

1.6.11. Desmantelamiento de las instalaciones

Los criterios a aplicar durante el desmantelamiento de las instalaciones que forman parte de la planta se tienen en cuenta en la fase de diseño con el fin de minimizar el impacto cuando éstas finalicen su servicio.

Para reducir en todo lo posible las afecciones al entorno en la fase de demolición, se deberá prestar especial atención a la identificación de todos aquellos residuos considerados como especiales, tóxicos y/o peligrosos que puedan existir dentro de dichas instalaciones, indicando los procedimientos de retirada y posterior gestión medioambiental adecuada de los mismos, desde los siguientes puntos de vista:

- Seguridad para el medio ambiente para evitar que la contaminación se transfiera de un medio a otro y que se dé un destino incorrecto a los residuos, desde el punto de vista medioambiental.
- Seguridad para las personas, especificando las medidas de seguridad a tener en cuenta durante los trabajos.

Asimismo, serán prioritarias las medidas y procedimientos de seguridad al realizar los trabajos, así como las medidas necesarias para evitar posibles daños a las instalaciones, edificaciones y/o servicios externos, que por su proximidad a las instalaciones de la Planta pudieran ser afectados durante la ejecución de los trabajos.

1.6.11.1. Fases del desmantelamiento de las instalaciones

La Planta a lo largo de su vida mantendrá actualizados los planos constructivos de las instalaciones (plantas, alzados, secciones y detalles), así como las memorias industriales que contribuyan a conocer hechos importantes (derrames, fugas, etc.) a lo largo de la explotación de la Planta de incidencia ambiental que implique tomar una serie de medidas en la fase de desmantelamiento.

Todas las instalaciones o cada elemento a demoler que componen la planta se tratarán como una unidad de desmantelamiento. Cada unidad incluirá toda la información necesaria para la completa definición de las mismas (información recogida en la fase anterior), de manera que el trabajo de desmontaje y demolición se realice atendiendo a esta información.

Se tendrá en cuenta que en primer lugar se procederá a desmantelar las instalaciones y posteriormente a demoler los edificios una vez que hayan quedado completamente diáfanos.

La clasificación de los materiales y residuos que resultarán de las operaciones de desmontaje y demolición se realizará en función del grado de mezcla, tamaño y compactación, y de las posibilidades de aprovechamiento y recuperación de los subproductos.

1.6.11.2. Procedimientos de gestión medioambiental

Se concretarán las acciones a realizar para una correcta gestión medioambiental de los productos e instalaciones, en lo que se refiere a los trabajos a realizar para una adecuada seguridad medioambiental. Los trabajos concretos a realizar en cuanto a Seguridad Laboral para mantener dicha seguridad se especificarán en el Estudio de Seguridad y Salud. Se desarrollarán una serie de procedimientos de gestión medioambiental, de acuerdo con el siguiente listado previo:

1. Retirada de residuos
2. Inertización/Vaciado de tuberías, depósitos y equipos con residuos especiales.
3. Desmontaje de tuberías, depósitos y equipos que han contenido residuos/fluidos especiales.
4. Minimización de emisiones atmosféricas.
5. Prevención de la contaminación del suelo.

1.7. Programa de seguimiento y vigilancia ambiental

1.7.1. Descripción general

1.7.1.1. Objetivo

El Programa de Seguimiento y Vigilancia Ambiental a poner en práctica durante la fase de obras y de funcionamiento tiene como objetivo establecer los mecanismos que permitan controlar la posible afección medioambiental que la ejecución del proyecto pueda originar en el entorno.

1.7.1.2. Alcance

En general se puede establecer que el presente Programa de Seguimiento y Vigilancia Ambiental cubre los siguientes apartados:

- Seguimiento y control de las diferentes actuaciones a desarrollar con motivo de las obras de ejecución del Proyecto considerado, que incluye el período de obras propiamente dicho (desde la fecha del Acta de Replanteo del Proyecto hasta la fecha de entrega del Acta de Recepción Provisional de la Obra), así como el período de garantía de las mismas (un año completo a contar a partir de la Recepción Provisional).
- Seguimiento y control de las condiciones ambientales en la fase de explotación en un período variable (en función de la tipología del elemento a controlar).

1.7.1.3. Medios de realización

Para asegurar la independencia en su puesta en práctica, se aconseja que este Programa sea llevado a cabo por una Entidad Independiente de todas las partes implicadas en la ejecución del Proyecto, es decir, de la Propiedad y del Contratista. Dicha Entidad deberá estar adscrita a la Dirección de Obra, e integrada en la Asesoría Ambiental de la misma.

La dotación de Medios que aseguren la ejecución del Programa tal como ha sido diseñado, se basa en:

- Medios humanos: Las labores de seguimiento durante las obras serán llevadas a cabo por una persona con experiencia y conocimientos suficientes en medio ambiente para

llevar a cabo dichas labores, a dedicación parcial (media jornada). Como apoyo para la interpretación de datos, resolución de problemas, etc. el supervisor medioambiental contará con la colaboración sistemática de Consultores expertos en cada una de las disciplinas de interés.

- Medios materiales: El equipo de Seguimiento Ambiental deberá de disponer de los Medios materiales necesarios para la ejecución de su trabajo: equipo fotográfico, sonómetro, recipientes de toma de muestra, etc.

1.7.1.4. Ejecución y operación

La ejecución del programa de vigilancia ambiental se corresponde cronológicamente con este desarrollo:

1. Puesta a punto de los Medios de vigilancia y preparación de todo el material necesario para la realización de la misma (comprobación y calibración de aparatos, compra de material fungible, diseño de los formatos de los registros, etc.).
2. Recogida de datos, almacenamiento y clasificación sistemática de los mismos. Corre a cargo del Supervisor Ambiental desplazado.
3. Interpretación de la información recogida. En esta fase se estudiarán y evaluarán los datos obtenidos en la fase anterior, se evaluará el grado de aplicación de las medidas correctoras y protectoras, se identificarán las fuentes de fallos o errores, etc. La tarea corre a cargo del conjunto del equipo de Asesoría Ambiental.
4. Retroalimentación. Esta constituye la fase de gestión del cambio y mejora del Programa. Es la misma Asesoría Ambiental la que, en este punto, decidirá la modificación del Programa para conseguir mayor eficacia del mismo, ideará nuevas medidas correctoras para aplicar a situaciones nuevas, etc.

Además, en cada una de estas fases tendrá lugar la elaboración y gestión de la documentación asociada necesaria (registros, informes, etc.).

1.7.1.4.1. Elaboración y gestión de la documentación

En este apartado se enumeran y describen los documentos que deberán ser elaborados en el marco de cada uno de los niveles de ejecución del Programa de Seguimiento y Vigilancia, así como la gestión de que deberán ser objeto.

- Archivo de Medios materiales. Toda la documentación relativa a los Medios materiales que se utilicen en la realización del Programa deberá ser recopilada sistemáticamente

en un Archivo específico. Resulta de especial relevancia la recopilación de las garantías, información técnica relativa al producto (condiciones óptimas de medida, etc.), de la periodicidad de realización de revisiones o calibraciones, de las reparaciones efectuadas, etc.

- **Diario de Seguimiento Ambiental.** Se confeccionará un documento donde se registrará diariamente toda la información sobre observaciones efectuadas, incidencias producidas, acciones emprendidas y responsables de las mismas, nivel de cumplimiento de las medidas protectoras y correctoras, etc. Este Diario estará constantemente disponible para su inspección por las Autoridades Ambientales que lo requieran, y se remitirá a ésta, en cualquier caso, una vez finalizadas las obras.
- **Informes-resumen periódicos.** Un resumen de las observaciones efectuadas, de los resultados obtenidos, de las conclusiones y recomendaciones emitidas, etc. por la Asesoría Ambiental en el marco de este Programa deberán ser reflejadas en Informes de periodicidad mínima mensual durante la fase de obras y anual durante la fase de funcionamiento.
- **Informe anual de Medidas Correctoras.** Con el objeto de reflejar la evaluación de la eficacia y rendimiento de las medidas correctoras y su grado de implantación, se elaborará un Informe Anual de Medidas Correctoras. El informe incluirá una propuesta de nuevas medidas correctoras en el caso de que se haya constatado la producción de alguno de estos supuestos:
 - Que se haya comprobado la insuficiencia de las medidas correctoras ya implantadas.
 - Que se hayan detectado nuevos Impactos ambientales no previstos.
 - Que los avances tecnológicos producidos hasta la fecha permitan la aplicación de procedimientos de corrección más eficaces.

1.7.2. Descripción de las actividades de seguimiento

Los controles y evaluaciones que constituyen el Plan se recogen a continuación en forma de Cuadro. Para cada elemento a controlar, se fija la ubicación del control, la periodicidad, los Medios, los objetivos de calidad, los valores límite a no sobrepasar y la normativa o reglamentaciones de aplicación. Las frecuencias establecidas podrán ser adaptadas en el transcurso de las labores de seguimiento en función de los resultados que se vayan obteniendo.

Tabla 1.14. Seguimiento de las actividades durante la fase de obras.

Elemento del medio	Aspecto a controlar	Finalidad	Periodicidad de control y duración de la vigilancia
Clima	Variables climáticas	Programar adecuadamente las tareas de obra	Recopilación mensual de los datos diarios
Clima	Pronóstico climático	Programar adecuadamente las tareas de obra	Recopilación de los pronósticos según criterio del técnico responsable.
Calidad del aire	Niveles de inmisión	Control de inmisión de partículas en suspensión	Recopilación trimestral de los datos diarios
Calidad del aire	Emisiones	Controlar el estado de mantenimiento de maquinaria y vehículos de obra	A lo largo de todo el período de obra
Calidad de aguas y suelos	Vertidos y residuos producidos en obra	Limitar, prevenir o evitar la generación de residuos y vertidos líquidos y de sus efectos	A lo largo de todo el período de obra
Calidad de aguas y suelos	Orden y limpieza en obra	Control estricto de las labores de limpieza al paso de vehículos y maquinaria	Permanente en período de obras
Fauna	Cambios en pautas de comportamiento. Desaparición de especies	Identificar problemática y definir, en su caso, medidas correctoras adicionales	En caso de incidencias reseñables
Molestias inducibles	Ruidos durante la fase de obras	Evitar molestias sonoras a la población	En función de las necesidades
Impacto visual	Verificación del cumplimiento de los objetivos generales de orden y limpieza	Evitar impacto visual	Diaria durante la fase de obras

Tabla 1.15. Seguimiento de las actividades durante la fase de funcionamiento.

Elemento del medio	Aspecto a controlar	Finalidad	Periodicidad de control y duración de la vigilancia
Clima	Variables climáticas	Recopilación de variables climáticas para interpretar los datos de calidad del aire y del agua	Recopilación anual de los datos considerados durante el primer año de funcionamiento de la instalación
Calidad del aire	Emisiones atmosféricas	Control de las emisiones	En continuo
Calidad del aire	Niveles de inmisión	Control de los niveles de inmisión	Anual
Calidad del agua superficial	Vertidos de aguas depuradas	Control de carga contaminante en el vertido	En continuo
Calidad de suelos y aguas	Residuos	Verificar la adecuada gestión de los residuos producidos a lo largo de todo su ciclo de vida	Según la frecuencia de recogida o gestión
Ruidos	Nivel de ruido (dB)	Evitar afecciones por ruido	Campaña preoperacional y posoperacional durante el primer año de funcionamiento de las instalaciones
General	Seguimiento de la eficacia de las medidas correctoras	Asegurar el cumplimiento de los objetivos de prevención, minimización de impactos y restauración de efectos producidos.	Momento de implantación

2. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

2.1. Objeto

El presente Estudio de Seguridad y Salud establece las normativas y recomendaciones respecto a prevención de riesgos de accidente y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación y mantenimiento, y las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores durante la construcción y montaje de la planta de producción de etil-glicol.

El estudio de seguridad y salud consta de un conjunto de documentos que, incorporados al proyecto de ejecución, y con total coherencia con el mismo, tiene como finalidad el desarrollo de la problemática previsible de la obra en materia de seguridad y salud para los trabajadores, y el establecimiento de las medidas técnico-preventivas que en cada caso se juzguen más eficaces. Las previsiones que se establezcan desde el estudio de seguridad y salud deberán tener también en consideración los trabajos posteriores que puedan llevarse a cabo en el bien inmueble. (Madrid B)

La regulación normativa del estudio de seguridad y salud viene definida en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción y por el que se implanta la obligatoriedad de la inclusión de un Estudio de Seguridad y Salud en el Trabajo para las obras de construcción. (Madrid B)

Los principales objetivos que se pretenden alcanzar con el estudio de seguridad y salud son identificar los riesgos evitables proponiendo las medidas para conseguirlo, especificar las medidas preventivas y de protección adecuadas para controlarlos y reducirlos, así como, describir los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares a utilizar para garantizar la salud de los trabajadores y evitar acciones o situaciones peligrosas por improvisación, o por insuficiencia o falta de medios. (Cype)

El estudio de seguridad y salud también debe delimitar y esclarecer atribuciones y responsabilidades en materia de seguridad de las personas que intervienen en el proceso constructivo definiendo las actuaciones a seguir en el caso de que fracase la prevención prevista, determinar los costes de las medidas de protección y prevención y servir de base para la elaboración del Plan de Seguridad y Salud por parte del contratista. (Cype)

Servirá este Estudio para dar las directrices básicas a las empresas constructoras a fin de que puedan desarrollar y llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo, bajo el control de la Dirección Facultativa.

2.2. Características de las obras

2.2.1. Descripción de las obras

La obra a ejecutar consiste en la construcción de una planta de producción de etilenglicol a partir de óxido de etileno. La construcción tendrá lugar en los terrenos situados en San Roque.

2.2.2. Unidades constructivas que componen las obras

- Obra civil
- Instalación de tuberías y soportes
- Instalación de equipos
- Soldadura y radiografiado
- Electricidad
- Instrumentación

2.2.3. Tipología y características de los materiales y elementos

Dentro de los materiales, componentes y elementos que se van a encontrar en la obra, se distinguen los siguientes:

- Vallado de las obras
- Pequeña maquinaria, herramientas
- Válvulas y tuberías
- Equipos
- Maquinaria pesada (grúa autopropulsada, camiones, etc.)

2.2.4. Tráfico rodado

La circulación de vehículos y personas en las proximidades de nuestra obra, así como el desarrollo de determinadas actividades, pueden condicionar el normal desarrollo de los trabajos.

Como norma general, no se podrá cortar ninguna calle ni producir estrechamiento en sus calzadas superiores a 3 metros libres. Asimismo, deberán respetarse aquellas ocupaciones que afecten a las aceras y puntos de la calzada debidamente señalizados (pasos para peatones), deberá respetarse el paso de los mismos. Cuando a menos de un metro de distancia del paso de peatones exista una zanja o excavación, será obligatoria la instalación de una barandilla de protección.

2.2.5. Actividades de construcción

Según el plan de ejecución de obra y la propia experiencia, se definen las siguientes actividades de obra:

- Organización del solar donde se va a ejecutar el montaje (visita previa, reconocimiento del terreno, organización previa de los trabajadores, etc.)
- Recepción de maquinaria, medios auxiliares y herramientas.
- Colocación de tierras, rellenos.
- Colocación de depósitos
- Montaje de equipos y tuberías
- Soldaduras y comprobación de las mismas
- Colocación de válvulas, accesorios y equipos de medida y control
- Obras complementarias y remates
- Trabajo en vías públicas (ocasional)

2.2.6. Oficios cuya intervención es objeto de la prevención de riesgos laborales

Las actividades de obras descritas se completan con el trabajo de los siguientes oficios:

- Albañilería

- Montadores
- Maquinistas

2.2.7. Medios auxiliares previstos para la realización de la obra

- Andamios
- Escaleras de mano
- Cuerdas, pequeño material auxiliar, etc.
- Cables, eslingas

Estos materiales han de ser comprados o alquilados a larga duración por el Contratista Adjudicatario o por algún subcontratista bajo su control directo y se han de mantener en buen estado técnico para evitar fallos, accidentes o funcionamientos erróneos.

2.2.8. Maquinaria para la realización de la obra

La maquinaria principal prevista consta de:

- Camiones de transporte de materiales
- Camión-grúa (carga de material de desecho)
- Grúa autotransportadora (elevación y descarga de equipos)
- Maquinaria, herramienta en general (radiales, cizallas, cortadores y similares)
- Rozadora radial eléctrica
- Compresor móvil
- Pisón mecánico

Se supone que la maquinaria fija de obra será propiedad del Contratista.

2.2.9. Zona prevista para acopios de material

En la fase de diseño de la implantación se definen las superficies delimitadas y organización de las zonas de acopio de material, procurando que la superficie para tal fin sea la mayor posible y esté siempre cubierta por el barrido de una grúa instalada en obra, siendo además de fácil acceso para vehículos que transporten material. El objetivo clave es facilitar la fluidez de las tareas y actividades dentro del recinto destinado a la obra.

2.2.10. Métodos de limpieza y recogida de escombros, desechos y basura durante la ejecución de la obra.

Al final de la jornada laboral, un empleado se encargará en cada zona de la obra de recopilar y recoger los escombros, desechos y basuras generados durante la ejecución de la misma. Posteriormente, uno o varios camiones transportarán los desechos para depositarlos junto a las casetas de obra, en un lugar indicado para ello.

Los escombros se trasladarán a vertedero. Asimismo, se les mencionará a todos los operarios, durante horas de formación en temas de seguridad, la habilitación de un lugar destinado al depósito de los escombros generados.

Una vez a la semana o cuando el vigilante de seguridad lo estime oportuno, comprobará que los operarios depositan los escombros en los lugares indicados para ello.

Por otra parte, en los planos de seguridad se indicará el lugar habilitado para el acopio de escombros.

2.2.11. Lugares de aparcamiento, reparación y mantenimiento de maquinaria y equipos móviles de trabajo

Las zonas de estacionamiento, reparación, revisión y mantenimiento de maquinaria y equipos auxiliares serán habilitadas por el Contratista, bajo la supervisión del Coordinador en Seguridad y Salud.

Si es posible, es recomendable disponer de dos lugares independientes, siendo uno de ellos para la maquinaria (retroexcavadoras, rodillos autopropulsados, camiones, etc.), y otro espacio para los equipos y maquinaria auxiliar. Estos lugares estarán situados en un punto totalmente separado de la obra y bien comunicados, para un fácil acceso a la zona de trabajo y al exterior, para que no se produzcan interferencias con la maquinaria en movimiento.

Asimismo, se vallará totalmente su perímetro para poder independizar este recinto del exterior y se dispondrán señales indicativas para identificarlos. Dentro de estas áreas, la maquinaria se estacionará de forma agrupada en función del tipo equipo. Además, se facilitará un lugar en el interior dedicado a la reparación de la maquinaria y/o equipos auxiliares.

Habrá un operario encargado de la vigilancia y control de acceso a dicho recinto, auxiliando las operaciones de entrada y salida de maquinaria y que además será el responsable de facilitar su acceso a la obra.

En los planos del Plan de Seguridad y Salud se indicará el lugar habilitado para el estacionamiento y almacenamiento de maquinaria y equipos auxiliares.

2.2.11.1. Locales de almacenamiento de materiales y elementos de obra

Como ya se ha mencionado previamente, se habilitarán locales o casetas de almacenamiento de materiales y elementos de obra. El lugar de acopio estará a una distancia tal que facilite su accesibilidad en caso de necesidad.

Los materiales y ciertos elementos manipulados en la obra se almacenarán según lo indicado a continuación:

- Tierras (arenas, gravas, etc.). Almacenamiento a la intemperie, en recintos accesibles y delimitados perimetralmente mediante un encintado. En caso de que estos materiales se mojen no se emplearán hasta que est n secos.
- Maderas y materiales para encofrados. Acopio en locales cerrados y protegidos del exterior para impedir que se mojen.
- Sacos de cemento y mortero prefabricado. Almacenamiento en locales cerrados y protegidos del exterior para evitar que se mojen. Este local se situará contiguo a las casetas de los operarios, cerca del acceso a la obra, para facilitar su almacenaje.
- Tuberías. Acopio en función del tipo de material y en un local delimitado perimetralmente y a la intemperie. Se acopiarán en los paquetes que vienen de fábrica, apuntalados de tal manera que se impida la caída de los tubos, pudiendo provocar accidentes.
- Válvulas. Almacenamiento y agrupación por tipos en locales totalmente cerrados, protegidos del exterior y próximos a las casetas de los trabajadores.
- Materiales tóxicos y/o inflamables. Almacenamiento en recipientes totalmente herméticos para evitar fugas y en locales cerrados y protegidos del exterior. Cada recipiente poseer  un cartel indicativo del material y sus características. En el perímetro exterior se colocarán las señales necesarias para indicar el tipo de material que se almacena. El acceso al almacén será controlado por un encargado de mantenimiento y con conocimiento suficiente sobre los materiales existentes.

2.2.12. Delimitación de espacios y lugares o zonas de paso y circulación

Se delimitarán los espacios destinados a la circulación de maquinaria y camiones por toda la obra en función de las diferentes actividades a ejecutar y se independizarán las zonas de circulación de vehículos y de personal de obra, mediante el empleo de cintas de señalización y vallado de obra, para que garanticen visibilidad suficiente a lo largo de la jornada.

Cuando se prevea que, en la circulación interna de la obra, así como en el acceso y salida de vehículos al exterior, se generen puntos conflictivos, se dispondrán señalizadores que faciliten la circulación.

Cuando se produzca una situación característica no prevista, se señalizará y delimitará la zona afectada con los medios que se consideren necesarios.

2.2.13. Relación y características de los servicios a disponer en obra

El agua potable y la energía eléctrica para el suministro de los servicios procederá de la red general de abastecimiento que exista en la zona.

El número de instalaciones sanitarias y construcción e instalación de letrinas, retretes, previsión de un sistema de descarga automática de agua o de tratamiento químico, tuberías y demás elementos de las instalaciones sanitarias debería ajustarse a las prescripciones de las autoridades competentes.

Cuando los trabajadores estén expuestos a contaminaciones cutáneas debidas a sustancias tóxicas, agentes infecciosos o productos irritantes, a manchas de aceite, grasa o al polvo, debería instalarse en número suficiente duchas que permitan lavarse rápidamente.

Los vestuarios para los trabajadores deben instalarse en lugares de fácil acceso y utilizarse exclusivamente para los fines previstos. Deben contar con los medios apropiados para secar y colgar la ropa y, si hubiese riesgos de contaminación, de armarios para guardar separadamente la ropa de calle y la ropa de trabajo. Se tomarán las medidas necesarias para desinfectar los vestuarios y los armarios.

En función del número de trabajadores, la duración y el lugar en que se realiza, en la obra o en sus inmediaciones se dispondrán medios para preparar las comidas y bebidas en caso de que no se disponga de otras instalaciones apropiadas.

2.2.14. Mantenimiento y limpieza de los servicios durante la obra

Se elaborará y aplicará siempre un programa adecuado de orden y limpieza por parte del Contratista, mediante la contratación de un servicio ajeno dedicado a la limpieza de los comedores y de los vestuarios. La limpieza se efectuará dos veces al día, una después de la jornada de mañana y otra al final de la jornada laboral.

En complemento al servicio de limpieza, se nombrará por parte del Contratista un retén de dos operarios para auxiliar el servicio de limpieza en previsión de posibles emergencias. Asimismo, se controlará el buen uso de las instalaciones, así como su mantenimiento en previsión de posibles reparaciones y conservación. Este equipo de retén será el responsable de su conservación y mantenimiento para evitar el abuso en el uso de las instalaciones.

Se realizará una enumeración de los riesgos presentes en la construcción y montaje para cada uno de los trabajos u oficios existentes.

2.3. Análisis de riesgos de la obra

Según el Real Decreto 1627/1997 el estudio básico “deberá precisar las normas de seguridad y salud aplicables a la obra. A tal efecto, deberá contemplar la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello”

2.3.1. Riesgos profesionales

En las unidades de construcción de obra civil

- Atropellos por maquinaria y vehículos
- Atrapamientos
- Colisiones y vuelcos
- Caídas a distinto nivel
- Polvo
- Ruido
- Caída de altura de personal y objetos
- Electrocutación

- Accidentes por conducción en ambientes y/o terrenos adversos (condiciones meteorológicas no adecuadas)

En las unidades de instalación y montaje de tuberías y equipos

- Golpes contra objetos
- Suspensión y transporte de grandes cargas
- Cortes, pinchazos y golpes con la máquina, herramienta y material
- Caída de altura de personal y objetos
- Proyección de partículas a los ojos
- Peligro en el uso de oxicorte y amolado
- Propias de soldadura
- Radiaciones

Riesgos eléctricos

- Derivados de útiles eléctricos
- Derivados de instalaciones de baja tensión

Riesgos producidos por agentes atmosféricos

- Por efecto mecánico del viento
- Por tormenta con aparato eléctrico
- Por efecto del agua

Riesgos de incendios

- En oficinas, almacenes y en campo por soldaduras
- En áreas donde existe producto y por lo tanto potencial de fuga
- En áreas donde existe electricidad estática

Riesgos de daños a terceros

- Sobre las instalaciones existentes
- Sobre el personal

2.4. Prevención de riesgos profesionales

2.4.1. Programa de seguridad

La seguridad de la planta suele incluir la elaboración y administración de diversos programas de seguridad y prevención de incidentes, entre los que sobresalen:

- Revisiones de diseño y construcción
- Investigación e informes de accidentes e incidentes
- Prácticas y procedimientos seguros de trabajo
- Programas de seguridad eléctrica y protección de máquinas
- Entrada en espacios confinados e inertes
- Señales y rótulos de seguridad

2.4.2. Protecciones individuales

- Cascos: para todas las personas que participen en la obra, incluidos visitantes.
- Guantes de goma
- Guantes de soldador
- Guantes dieléctricos
- Botas de agua
- Botas de seguridad de lona
- Botas de seguridad de cuero
- Botas dieléctricas
- Monos o buzos: Se utilizarán de material antiestático e ignífugo
- Trajes de agua

Los elementos de protección personal deben utilizarse siempre que su uso sea requerido por el cliente o por posibilidad de que concurra el riesgo que se deba prevenir. Todas las prendas de protección personal tendrán fijado un período de vida útil, desechándose a su término.

Cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido en una determinada prenda o equipo, se repondrá ésta, independientemente de la duración prevista o fecha de entrega.

Toda la prenda o equipo de protección que haya sufrido un trato límite, es decir, el máximo para el que fue concebido (por ejemplo, por un accidente) será desechado y repuesto al momento.

Aquellas prendas que por su uso hayan adquirido más holgura o tolerancias de las admitidas por el fabricante, serán repuestas inmediatamente.

El uso de una prenda o equipo de protección nunca representará un riesgo en si mismo.

En las gafas de seguridad la cinta de sujeción debe acoplarse a la cabeza, nunca al casco y tendrá protección lateral. Cuando las gafas de seguridad requieran graduación por prescripción facultativa deberán someterse a la aprobación del servicio de seguridad. En trabajos a altura superior a los dos metros no protegidos adecuadamente es preceptiva la utilización de arnés de seguridad completo.

Las camisas serán siempre de manga larga. No se permiten pantalones cortos y el calzado será siempre de seguridad.

Trabajando con máquinas no se podrán portar adornos que supongan un riesgo de atrapamiento. El pelo deberá estar siempre recogido.

2.4.3. Protecciones colectivas

- Señalización en la zona de trabajo
- Vallas y barandillas
- Topes de desplazamiento de vehículos
- Pasillos de seguridad
- Sistema de defensa contra incendios
- Redes
- Interruptores diferenciales y tomas de tierra
- Se señalizará la zona peligrosa antes de proceder a la ejecución de radiografías

La utilización de los métodos radioactivos para la realización de las placas radiográficas de las soldaduras estará a cargo del personal competente debidamente autorizado por el organismo correspondiente. Estos trabajos se harán siempre que sea posible en horas en las que no existe personal en las inmediaciones.

Se marcará y señalizará la zona afectada de forma reglamentaria, consistente en cintas rojas y señales de peligro de radiación, todo el personal de la obra deberá tener conocimiento del uso

de este tipo de métodos y los lugares en los cuales será utilizado. Asimismo, el personal que trabaja habitualmente con estos equipos habrá de estar dotado de un dosímetro. (Vidal, 2018)

En las zonas de influencia de otras instalaciones:

- Se revisarán las eslingas para evitar caídas sobre instalaciones en funcionamiento cuya acción puede producir bajas en el personal que allí esté trabajando o daños irreversibles.
- Se revisarán los apoyos de maquinaria para evitar que accidentes como los indicados anteriormente produzcan igualmente daños irreversibles.
- No se podrá actuar en estas áreas sin la seguridad precisa y sin antes haber comprobado la ausencia de gas.
- Los medios auxiliares de topografía tales como cintas, jalones, miras, etc... serán dieléctricos, dado el riesgo de electrocución por las líneas eléctricas e interviarias de ferrocarriles.
- En las zonas de influencia de líneas eléctricas de media y baja tensión o de una subestación eléctrica, el Contratista establecerá las medidas de seguridad para protección del personal que fijen los reglamentos vigentes.

Los criterios básicos que se aplicarán serán, como mínimos los siguientes:

- Se instalarán obligatoriamente puestas a tierra temporales en los extremos de cada tramo de tubería calzada.
- Las tomas de tierra temporales deberán enterrarse un mínimo de 1m. y las conexiones a la tubería deberán hacerse con conductor de cobre aislado, empleando conectores, picas y accesorios de fijación de baja resistencia eléctrica.
- El personal encargado de la manipulación de la conducción y/o trabajos sobre tramos ya soldados, dispondrá de adecuados medios de protección personal y herramientas que garanticen su aislamiento eléctrico respecto a la conducción.

2.4.4. Formación

La formación e información de los trabajadores sobre riesgos laborales y métodos de trabajo seguro a utilizar son fundamentales para el éxito para la ausencia de accidentes graves en la obra y para la prevención de riesgos laborales. Los artículos 18 y 19 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (PRL) obligan a los empresarios a gestionar la formación e información necesarias para el desarrollo de su trabajo. Por lo que, el Contratista está legalmente obligado a formar en el método de trabajo seguro a todo personal a su cargo, de tal forma, que todos los

trabajadores tendrán conocimiento de los riesgos propios de su actividad laboral, de las conductas a observar en determinadas maniobras, del uso correcto de las protecciones colectivas y de los equipos de protección individual necesarios para su protección. Todo personal debe recibir al ingresar en la obra, una exposición de los métodos de trabajo y los riesgos que estos pudieran entrañar, juntamente con las medidas de seguridad que deberá emplear. Se impartirá formación en materia de seguridad y salud en el trabajo, al personal de obra. Se formará al personal, por medio de cursos de seguridad, charlas de mentalización, instrucciones o normas, en cuanto a los siguientes aspectos: (Vidal, 2018)

- Utilización de medios de protección individuales
- Utilización de medios de protección colectivos
- Medidas a tomar contra riesgos profesionales, mecánicos, eléctricos y contra incendios
- Utilización de los medios de primeros auxilios

Asimismo, se emitirán panfletos en los que se dicten las normas de seguridad básicas en este tipo de obra.

2.4.5. Medicina preventiva y primeros auxilios

- Botiquín: Se dispondrá en uno de los vehículos de obra y de forma permanente un maletín con un botiquín de obra de primeros auxilios.
- Asistencia al accidentado: La formación en primeros auxilios deberá incluir información específica sobre los medios sanitarios disponibles en el complejo, así como los de las poblaciones cercanas.
- Reconocimiento médico: Todo el personal que empiece a trabajar en la obra deberá pasar un reconocimiento médico previo al trabajo.

2.5. Prevención de los riesgos de daños a terceros

Se señalizarán los accesos a la zona de trabajo, prohibiéndose el paso a toda la persona ajena a la misma y se deberá señalizar de acuerdo con la normativa vigente los cruces de viales tomándose las medidas de seguridad que cada caso requiera.

Durante los períodos de radiografiado, deberá señalizarse la zona y avisarse con el fin de evitar daños por radiación. En el radiografiado de las soldaduras se tendrá especial atención a la señalización y vigilancia de la zona de trabajo, para impedir la aproximación de personas al área.

Asimismo, se vigilará el buen estado, ubicación y localización en todo momento de las fuentes de radiación.

Se señalizarán las áreas de trabajo de forma que el personal esté confinado en ese lugar, guardando estrictamente las normas de seguridad.

2.6. Manejo de equipos

2.6.1. Intercambiadores de calor

Previamente a las labores de mantenimiento de los intercambiadores como la retirada de cabezales debe comprobarse que estos se encuentren vacíos, por lo que deberá considerarse la posibilidad de instalar un dispositivo de descarga de presión por si se bloqueasen las tuberías estando estos llenos de líquido.

2.6.2. Bombas, válvulas y tuberías

Las bombas, válvulas y tuberías deben instalarse de tal manera que puedan ser accesibles a los operarios, bien sea desde el suelo o desde una plataforma de trabajo. Deberán instalarse protecciones contra escapes basadas en conexiones activas de purga o drenaje.

2.6.3. Sistemas de descarga de presión y llama

La sala de control deberá mantenerse a una presión superior a la atmosférica con el objeto de reducir la posibilidad de entrada de vapores inflamables o tóxicos.

Se emplean dispositivos de descarga de presión para controlar los líquidos liberados por las válvulas de seguridad en caso de sobrepresiones o purgas, entendiendo estas últimas como descargas intencionadas de material.

2.7. Recomendaciones de seguridad

- Mantener en servicio permanente los sistemas de purga y antorcha
- Tomar precauciones en las proximidades de venteos

- Manejo adecuado de productos potencialmente explosivos
- Tener en todo momento tapadas, selladas y localizadas las botellas de gas
- Tomar muestras de manera segura
- Respetar los valores límites de variables de proceso de los equipos
- Inspecciones periódicas y rigurosas de los equipos
- Conocer procedimientos de operación, emergencia u contra incendios
- Formar adecuadamente al personal de operación
- Mantener los venteos abiertos y le drenaje de líquidos a recipientes para evitar la creación de vacío
- Conectar a tierra líneas de equipos para evitar chipas provocadas por la electricidad estática
- Utilizar extintores de espuma en fuegos eléctricos
- Evitar la acumulación de agua en los puntos bajos de los equipos
- No permitir la entrada a la planta de personal no autorizado

En Santiago de Compostela, a 2 de Julio de 2018

Los autores del proyecto,



Hugo del Valle Corte



Alfonso Vidal Martínez

3. BIBLIOGRAFÍA

3.1. Bibliografía del estudio de impacto ambiental

AUTORIDAD PORTUARIA DE LA BAHÍA DE ALGECIRAS. *Puerto de Algeciras*. 2014. [En línea] [Consultado el 11 de junio de 2018]. Disponible en: <http://www.apba.es/>

COMISIÓN EUROPEA. *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector*. [En línea] [Consultado: 11 junio 2018]. Disponible en: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/cww.html>

COMISIÓN EUROPEA. *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the production of Large Volume Organic Chemicals*. [En línea] [Consultado: 11 junio 2018]. Disponible en: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/lvoc.html>

COMISIÓN EUROPEA. Directiva (UE) 2015/1480 de la Comisión, de 28 de agosto de 2015, por la que se modifican varios anexos de las Directivas 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en los que se establecen las normas relativas a los métodos de referencia, la validación de datos y la ubicación de los puntos de muestreo para la evaluación de la calidad del aire ambiente. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 29 de agosto de 2015, núm. 226, pp. 4-11.

COMISIÓN EUROPEA. *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference document on the General Principles of Monitoring*. [En línea] [Consultado: 11 junio 2018]. Disponible en: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/mon.html>

COMISIÓN EUROPEA. *Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Techniques on Emissions from Storage*. [En línea] [Consultado: 11 junio 2018]. Disponible en: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/esb.html>

COMISIÓN EUROPEA. *Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Economics and Cross-Media Effects*. [En línea] [Consultado: 11 junio 2018]. Disponible en: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/ecm.html>

COMISIÓN EUROPEA. *Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency*. [En línea] [Consultado: 11 junio 2018]. Disponible en: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/ene.html>

GOBIERNO DE ESPAÑA. Decreto 833/1975, de 6 de febrero, por el que se desarrolla la Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de protección del ambiente atmosférico. *Boletín Oficial del Estado*, 9 de junio de 1975, num. 139, pp. 12.439.

GOBIERNO DE ESPAÑA. Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del Real Decreto legislativo 1302/1986 de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental. *Boletín Oficial del Estado*, 9 de mayo de 2001, num. 111, pp. 1.607-1.616.

GOBIERNO DE ESPAÑA. Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido. *Boletín Oficial del Estado*, 18 de noviembre de 2003, num. 276, pp.40.494-40.505.

GOBIERNO DE ESPAÑA. Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación. *Boletín Oficial del Estado*, 29 de enero de 2011, num. 25, pp. 9.540-9.568.

GOBIERNO DE ESPAÑA. Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. *Boletín Oficial del Estado*, 29 de enero de 2011, núm. 25, pp. 9.574-9.626.

GOBIERNO DE ESPAÑA. Ley 5/2013, de 11 de junio, por la que se modifican la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación y la ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. *Boletín Oficial del Estado*, 12 de junio de 2013, num. 140, sec. 1, pp. 44.257-44.288.

IDOM. *Planta para la Producción de ácido Sulfúrico en el Puerto de Bilbao. Estudio de Impacto Ambiental.* [En línea] [Consultado: 11 junio 2018] Disponible en: http://www.ivap.euskadi.eus/r61-vedorok/es/contenidos/documentacion/esia_acoleg/es_doc/index.shtml

ILUSTRE AYUNTAMIENTO DE SAN ROQUE. Diagnóstico Ambiental de la Agenda 21 Local de San Roque. Bloque 2: Presentación del municipio. Descripción del medio biótico. [En línea] [Consultado el 11 de junio de 2018]. Disponible en: http://www.sanroque.es/sites/default/files/files_noticias/2013/09/20/b2-3.pdf

ILUSTRE AYUNTAMIENTO DE SAN ROQUE. Diagnóstico Ambiental de la Agenda 21 Local de San Roque. Bloque 2: Presentación del municipio. Descripción del medio físico. [En línea] [Consultado el 11 de junio de 2018]. Disponible en: http://www.sanroque.es/sites/default/files/files_noticias/2013/09/20/b2-2.pdf

ILUSTRE AYUNTAMIENTO DE SAN ROQUE. *Directorio de comercios y empresas de San Roque.* 2018. [En línea] [Consultado: 11 junio 2018]. Disponible en: <https://www.sanroque.es/comercios-y-empresas>

JUNTA DE ANDALUCÍA. *Informe de Calidad del aire ambiente. Mayo 2018.* [En línea] [Consultado: 9 Junio 2018] Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/atmosfera/informes_siva/meses18/IMA1805.pdf

METEOBLUE. *Clima San Roque.* [En línea] [Consultado: 9 Junio 2018] Disponible en: https://www.meteoblue.com/es/tiempo/pronostico/modelclimate/san-roque_españa_2511239

PARLAMENTO EUROPEO. Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 18 de julio de 2002, núm 189, pp. 12-25.

PARLAMENTO EUROPEO. Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 11 de junio de 2008, núm 152, pp. 1-44.

3.2. Bibliografía del estudio de seguridad y salud

COMUNIDAD DE MADRID. *Guía de buenas prácticas en prevención de riesgos laborales. Obra civil.* [En línea] [Consultado: 9 Junio 2018 A] Disponible en: <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM010743.pdf>

COMUNIDAD DE MADRID. *Recomendaciones para la elaboración de estudios de seguridad y salud.* [En línea] [Consultado: 9 de Junio 2018 B] Disponible en: http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=ContentDisposition&blobheadervalue1=filename%3DESTUDIOS_BAJA.pdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1352853731651&ssbinary=true

CYPE INGENIEROS. *Estudio de seguridad y salud.* [En línea] [Consultado: 9 Junio 2018] Disponible en: http://gestion.cype.es/estudio_de_seguridad_y_salud.htm#apartado_listados

GOBIERNO DE ESPAÑA. Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. *Boletín Oficial del Estado*, 25 de octubre de 1997, núm. 256, pp 30.875-30.886.

VIDAL TATO, I. Documentos personales confidenciales. 2018.

DOCUMENTO IV. PLIEGO DE CONDICIONES

Planta de producción de etil-glicol (etano-1,2-diol) a partir de
óxido de etileno

ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES

- PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS
- PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS

Planta de producción de etil-glicol (etano-1,2-diol) a partir de
óxido de etileno

Contenido

1.	CONDICIONES GENERALES	3
1.1.	Alcance del pliego y descripción de la obra	3
1.2.	Naturaleza y objetivo del pliego de condiciones	3
1.3.	Documentos que definen las obras.....	3
1.4.	Documentos de obra	4
1.5.	Forma y dimensiones	4
1.6.	Contradicciones, omisiones o errores.....	4
1.7.	Condiciones generales de materiales y unidades de obra	5
1.8.	Legislación social	5
1.9.	Seguridad pública	5
1.10.	Reglamentación civil (Código civil)	5
2.	CONDICIONES FACULTATIVAS	6
2.1.	Propiedad o propietario	6
2.2.	Dirección facultativa.....	6
2.3.	Contrata o contratista	7
2.3.1.	Obligaciones del contratista	8
2.3.2.	Gastos de cuenta del contratista	10
2.4.	Entidades y laboratorios de control de calidad de la edificación	10
2.5.	Oficina de obra	10
3.	INSUFICIENTE ESPECIFICACIÓN EN LA DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO	11
3.1.	Trabajos no estipulados en el pliego de cláusulas administrativas	11
3.2.	Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto ...	12
3.3.	Recusación por el contratista de la dirección facultativa	12
3.4.	Despidos por falta de subordinación, por incompetencia o por manifiesta mala fe..	12
3.5.	Obras y ejecución	13
3.5.1.	Replanteo de la obra	13
3.5.2.	Orden de los trabajos.....	13
3.5.3.	Libro de órdenes.....	14
3.5.4.	Condiciones generales de ejecución de los trabajos.....	14
3.5.5.	Ampliación de proyecto por causas imprevistas.....	15
3.5.6.	Prórrogas por causa de fuerza mayor	15
3.5.7.	Trabajos defectuosos	15
3.5.8.	Modificación de trabajos defectuosos	16
3.5.9.	Maquinaria	17
3.5.10.	Ensayos.....	17

3.5.11.	Materiales no utilizados	17
3.5.12.	Materiales defectuosos	17
3.5.13.	Acopios	18
3.5.14.	Medios auxiliares.....	18
3.5.15.	Acta de recepción.....	18
3.5.16.	Documentación final	19
3.5.17.	Medición definitiva de las obras	20
3.6.	Recepción definitiva de las obras.....	21
3.6.1.	Plazo de garantía	22
3.6.2.	Prórroga del plazo de garantía	22
4.	CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICO	23
4.1.	Base fundamental	23
4.2.	Garantía.....	23
4.3.	Precios unitarios.....	23
4.4.	Descomposición de los precios unitarios	24
4.4.1.	Materiales	25
4.4.2.	Mano de obra	25
4.4.3.	Transporte de materiales	25
4.4.4.	Tanto por ciento de medios auxiliares y de seguridad	25
4.4.5.	Tanto por ciento de seguros y cargas fiscales.....	25
4.4.6.	Tanto por ciento de gastos generales y fiscales.....	26
4.4.7.	Tanto por ciento de beneficio industrial del contratista.....	26
4.5.	Valoración y abono de los trabajos	26
4.5.1.	Valoración de la obra	26
4.5.2.	Abono de las obras.....	26
4.5.3.	Abono de trabajos presupuestados por partida alzada	27
4.5.4.	Abono de otros trabajos no contratados	28
4.5.5.	Abono de trabajos ejecutados en el período de garantía.....	28
4.5.6.	Obras no terminadas.....	29
4.5.7.	Certificaciones	29
4.6.	Penalización económica al contratista por el incumplimiento de compromisos	29

1. CONDICIONES GENERALES

1.1. Alcance del pliego y descripción de la obra

El presente pliego de condiciones constituye el conjunto de instrucciones, normas, prescripciones y especificaciones que serán de aplicación en la ejecución de la obra de la planta de producción de etilenglicoles de San Roque. Se considerarán sujetas a las condiciones de este pliego todas las obras cuyas características, planos y presupuestos se encuentren adjuntas en las partes correspondientes del presente proyecto y las obras necesarias para la terminación de todas ellas.

Las condiciones particulares no expresadas explícitamente en este pliego quedarán recogidas en los demás documentos que integran este proyecto: planos, presupuesto, etc.

1.2. Naturaleza y objetivo del pliego de condiciones

El presente pliego de condiciones se compone de un conjunto de artículos y cláusulas aplicables al desarrollo de las obras que tienen como objetivo la correcta regulación de las obras e instalaciones que integran el proyecto en el que se incluye, estableciendo los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando aquellas actuaciones que correspondan según el contrato y respecto a la legislación aplicable, y en general, cuantos aspectos han de regir en las obras comprendidas en el presente proyecto. El pliego de condiciones constituye el documento más importante desde el punto de vista contractual.

El contratista está obligado a ejecutar el proyecto según se especifica en el pliego de condiciones. Del mismo modo, la administración podrá conocer de forma detallada las diferentes tareas que se desarrollan durante la ejecución de la obra.

1.3. Documentos que definen las obras

Los documentos que definen las obras y que la propiedad entrega al contratista pueden tener carácter contractual o informativo. Son documentos contractuales los planos y el pliego de condiciones. Los documentos restantes tienen carácter meramente informativo.

En la totalidad de los documentos, las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos la cota prevalece sobre la medida a escala.

1.4. Documentos de obra

En la oficina de obras, permanecerá en todo momento un ejemplar completo del proyecto, así como de todas las normas, leyes, decretos, resoluciones, órdenes, disposiciones legales y ordenanzas a las que se hace referencia en él.

1.5. Forma y dimensiones

La forma y dimensiones de las partes y de los materiales a emplear se ajustarán a lo establecido y detallado en los planos, especificaciones y estados de las mediciones adjuntos al presente proyecto, habiendo la posibilidad de realizar modificaciones necesarias a pie de obra por el Ingeniero-Director.

1.6. Contradicciones, omisiones o errores

En los extremos, unidades o materiales omitidos o insuficientemente definidos en los documentos del proyecto, se estará a lo dispuesto por el Ingeniero-Director de las Obras, que asimismo autorizará las modificaciones o detalles que, a su juicio deban introducirse en las obras proyectadas hasta donde alcance su competencia.

En el caso de contradicción entre los Planos y el Pliego de condiciones, prevalecerá lo escrito en este último, salvo que el Ingeniero-director indique lo contrario. Lo mencionado en el Pliego de condiciones y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser aceptado como si se incluyese en ambos documentos, siempre que, a juicio del Ingeniero-Director, quede suficientemente definida la unidad de obra correspondiente.

Los diversos capítulos del presente Pliego de Condiciones son complementarios entre sí, entendiéndose que las prescripciones que contengan uno de ellos y afecte a otros obligan como si apareciesen todos. Las contradicciones o dudas entre sus especificaciones se resolverán por la interpretación razonadamente haga el Ingeniero-Director.

En todo caso, las contradicciones, omisiones o errores que se adviertan en estos documentos, tanto por el Ingeniero Director como por el Adjudicatario, deberán reflejarse preceptivamente en el Acta de Replanteo.

1.7. Condiciones generales de materiales y unidades de obra

Además de todas las condiciones expuestas en este Pliego de Cláusulas Administrativas, los materiales y mano de obra deberán satisfacer las condiciones que se detallan en el Pliego de Condiciones Técnicas Particulares.

Todos los materiales que entren en la formación de la obra, y para los cuales existan disposiciones oficiales que reglamenten la recepción, transporte, manipulación o empleo, deberán satisfacer los requerimientos legales que estén en vigor durante la ejecución de obras.

1.8. Legislación social

El contratista estará obligado al exacto cumplimiento de toda legislación en materia de Reglamentación del Trabajo correspondiente, y de las demás disposiciones que regulan las relaciones entre patronos y obreros, los accidentes de trabajo, e incluso la contratación del seguro obligatorio, y todas aquéllas de carácter social en vigencia o que en lo sucesivo se apliquen.

1.9. Seguridad pública

El contratista que resultara adjudicatario deberá tomar las máximas precauciones en todas las operaciones y uso de materiales, equipos, etc., con objeto de proteger a las personas y animales de peligros procedentes del trabajo, siendo suyas las responsabilidades derivadas de tales acciones u omisiones.

1.10. Reglamentación civil (Código civil)

Podrán participar en el procedimiento las personas físicas y jurídicas, españolas o extranjeras, que tengan capacidad para contratar, de acuerdo con las normas contenidas en el Código Civil.

2. CONDICIONES FACULTATIVAS

2.1. Propiedad o propietario

Se denominará como “Propiedad” o “Propietario” a la entidad, física o jurídica, pública o privada que, individual o colectivamente, impulsa, programa, financia y encarga la redacción y ejecución de las obras del presente proyecto. Se atenderá a las siguientes obligaciones:

- Ostentar, sobre el solar o ubicación física, la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.
- Nombrar a los técnicos proyectistas y directores de obra y de la ejecución material.
- Contratar al técnico redactor del Estudio de Seguridad y Salud y al Coordinador en obra y en proyecto si fuera necesario.
- Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto y autorizar al director de obra las posteriores modificaciones del mismo.
- Gestionar y obtener las preceptivas licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra.
- Durante la ejecución de las obras no podrá dar órdenes directas al contratista o personal subalterno. En todo caso, dichas órdenes serán transmitidas a través de la Dirección Facultativa.
- Una vez terminadas y entregadas las obras, la propiedad no podrá llevar a cabo modificaciones en las mismas sin la autorización del ingeniero autor del proyecto.

2.2. Dirección facultativa

La Dirección Facultativa de las obras recaerá sobre un ingeniero técnico o superior nombrado por la propiedad en su representación, sobre quien recaerán las labores de dirección, control y vigilancia de las obras del presente proyecto. Las funciones del Ingeniero-Director serán las siguientes:

- Garantizar la ejecución de las obras con estricta sujeción al proyecto aprobado, o modificaciones debidamente autorizadas.

- Resolver todas las cuestiones técnicas que surjan en cuanto a interpretación de los planos, condiciones de materiales y de ejecución de unidades de obra, siempre que no se modifiquen las condiciones del contrato.
- Asumir personalmente bajo su responsabilidad, en casos de urgencia o gravedad, la dirección inmediata de determinadas operaciones o trabajos en curso, por lo cual, el contratista deberá poner a su disposición el personal y el material de la obra.
- Acreditar al contratista las obras realizadas conforme a lo dispuesto en los documentos del contrato.
- Participar en las recepciones provisionales y definitivas y redactar la liquidación de las obras conforme a las normas legales establecidas.

El director de las obras no será responsable de la tardanza de los organismos competentes en la tramitación del proyecto, Una vez conseguidos todos los permisos, concederá la autorización para comenzar la obra.

2.3. Contrata o contratista

El contratista será aquella entidad o persona jurídica que reciba el encargo de ejecutar las unidades de obra que figuran en el presente proyecto, con los medios humanos y materiales suficientes, propios o ajenos, dentro del plazo acordado y con sujeción estricta al proyecto técnico que las define, al contrato y a la legislación aplicable. Debe tener la capacitación profesional para el cumplimiento de su cometido como constructor y haber examinado toda la documentación necesaria del presente proyecto para establecer una evaluación económica de los trabajos, estando conforme con ella. ANTES DEL INICIO DE LAS OBRAS el contratista manifestará que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada.

El contratista podrá ser representado por un delegado previamente aceptado por parte de la Dirección Facultativa cuando sea necesaria su actuación o presencia. Este delegado tendrá capacidad para:

- Organizar la ejecución de los trabajos y poner en práctica las órdenes del Ingeniero-Director.
- Proponer a la Dirección Facultativa colaborar en la resolución de los problemas que se planteen en la ejecución de los trabajos.

El delegado del contratista tendrá la titulación profesional mínima exigida por el Ingeniero-Director, y podrá exigir también que el contratista designe al personal facultativo necesario bajo la dependencia de su técnico delegado. El incumplimiento de esta obligación o la falta de cualificación por parte del personal facultará al Ingeniero-Director para ordenar la paralización de la obra hasta que se subsane la deficiencia. El Ingeniero-Director también podrá recabar del contratista la designación de un nuevo delegado y cualquier facultativo que de él dependa cuando así lo justifique su actuación y los trabajos a realizar.

2.3.1. Obligaciones del contratista

Serán obligaciones del contratista:

- La ejecución de las obras alcanzando la calidad exigida en el proyecto, cumpliendo con los plazos establecidos en el contrato y con la legislación aplicable.
- Asignar a la obra los medios humanos y materiales correctos.
- Designar al Jefe de obra, que asumirá la representación técnica del contratista y permanecerá en la obra durante la totalidad de la jornada legal de trabajo con plena dedicación. Éste deberá contar con la capacitación profesional adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra, y deberá cumplir obligaciones de la Dirección Facultativa, custodiando y firmando el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, así como los libros de Seguridad y Salud y el del Control de Calidad; así como asegurarse de la correcta instalación de los medios auxiliares y realizar otras operaciones técnicas.
- Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de obra dentro de los límites establecidos en el contrato.
- Firmar el acta de replanteo y el acta de recepción de la obra.
- Facilitar al Jefe de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra.
- Redactar el Plan de Seguridad y Salud en la obra en aplicación del estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, vigilando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el trabajo. Este documento será presentado para la aprobación del Ingeniero-Director.
- Designar al coordinador de Seguridad y Salud en la obra entre su personal técnico cualificado con presencia permanente en la obra, el cual velará por el estricto

cumplimiento de las medidas de seguridad y salud según la normativa vigente y el Plan de Seguridad y Salud.

- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en la obra y rechazando los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con la Propiedad las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

El contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra, bajo su responsabilidad, previo consentimiento del propietario y de la Dirección Facultativa.

A menos que el contrato disponga lo contrario o de que su naturaleza y condiciones se deduzca que la obra ha de ser ejecutada directamente por el Adjudicatario, este último podrá contratar con terceros la realización de determinadas unidades de obra, cumpliendo para ello los siguientes requisitos:

- Notificar por escrito al Ingeniero del subcontrato las partes de obra a realizar y las condiciones económicas, de modo que éste las pueda autorizar previamente.
- Las unidades de obra que el Adjudicatario contrate con terceros no deben exceder el cincuenta por ciento (50%) del presupuesto total de la obra principal.

La subcontratación deberá siempre supeditarse a la autorización previa por parte de la Propiedad. En cualquier caso, la Propiedad no quedará vinculada en absoluto, ni reconocerá ninguna obligación contractual entre ella y el Subcontratista, de forma que cualquier subcontratación de obra no eximirá al Adjudicatario de ninguna de sus obligaciones respecto a la Propiedad.

El propietario podrá introducir otros constructores o instaladores además de los del contratista, para que trabajen simultáneamente con ellos en las obras, bajo las instrucciones de la Dirección Facultativa.

El contratista tendrá a su disposición el proyecto de Control de Calidad en el que se especificarán las características y requisitos que deberán cumplir los materiales y unidades de obra, y los criterios para la recepción de materiales.

2.3.2. Gastos de cuenta del contratista

Serán de cuenta del contratista, siempre que en el contrato no se prevea explícitamente lo contrario, los siguientes gastos:

- Gastos de construcción y retirada de todo tipo de construcciones auxiliares.
- Gastos de alquiler y adquisición de terreno para depósito de maquinaria y materiales.
- Gastos de limpieza, de suministros, colocación y conservación de señales de tráfico, balizamiento y demás recursos necesarios para proporcionar seguridad en las obras.
- Gastos de montaje, conservación, y retiradas de instalaciones para el suministro de agua y energía eléctrica para las obras.
- Gastos de corrección o retirada de materiales, y de los correspondientes ensayos y pruebas.

2.4. Entidades y laboratorios de control de calidad de la edificación

Las entidades de control de calidad de la edificación prestarán asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales, de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable. Dicha asistencia técnica se realizará mediante ensayos y/o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra.

2.5. Oficina de obra

El contratista habilitará en la propia obra, una oficina, local o habitáculo, convenientemente acondicionado para que en ella se pueda trabajar con normalidad a cualquier hora de la jornada, que contendrá como mínimo una mesa y tableros donde se expongan todos los planos correspondientes al presente proyecto y de obra que sucesivamente le vaya asignando la Dirección Facultativa, así como los documentos que estime convenientes dicha Dirección. Al menos, en la oficina de obra estarán los siguientes documentos:

- El proyecto de ejecución, incluidos los complementos y anexos que redacte el ingeniero.
- La licencia de obras.
- El libro de órdenes y asistencias.

- El Plan de Seguridad y Salud.
- El libro de incidencias.
- El proyecto de Control de Calidad y su libro de registro, si existiese.
- La legislación vigente conforme a la seguridad y salud en el trabajo.
- La documentación y los seguros mencionados en el artículo 2.3.

Durante la jornada del trabajo el contratista, o bien sus facultativos, representantes o encargados, estarán en la obra, y acompañará al Ingeniero-Director y a sus representantes en las visitas llevadas a cabo a las obras, incluso a las fábricas o talleres donde se lleven a cabo trabajos para la obra, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que consideren necesarios, suministrándoles asimismo los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

3. INSUFICIENTE ESPECIFICACIÓN EN LA DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO

Si alguna parte de la obra no quedara suficientemente especificada en esta documentación, a juicio del contratista o de la propiedad, no se realizará hasta que la Dirección Facultativa diera las indicaciones precisas y concretas para su ejecución. Este extremo se advertirá a la citada dirección por escrito, con antelación suficiente para que pueda ser estudiado el problema y aportar la solución más acertada sin que ello suponga un retraso en la marcha de la obra. El tiempo de antelación variará con la importancia del estudio, siendo el mínimo de una semana.

3.1. Trabajos no estipulados en el pliego de cláusulas administrativas

Es obligación del contratista el ejecutar, cuando sea posible y lo crea conveniente, aun cuando no se halle expresamente estipulado en el presente pliego, siempre sin separarse de su recta interpretación, lo disponga el Ingeniero-Director y esté dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos determinen para cada unidad de obra, y tipo de ejecución.

Se entenderá por reformado de proyecto toda variación que suponga incremento de precios de alguna unidad de obra en más del 20 por 100 ó del total del presupuesto en más de un 10 por 100.

3.2. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto

Cuando se trata de aclarar, interpretar o modificar preceptos del Pliego de Cláusulas Administrativas o indicaciones de planos, croquis y esquemas de montaje, las órdenes o instrucciones correspondientes se comunicarán por escrito al contratista, estando éste obligado a devolver los originales o las copias, suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciban, tanto de los encargados de la vigilancia de las obras como del Ingeniero-Director.

Cualquier reclamación que crea oportuno hacer el contratista en contra de las disposiciones tomadas por éstos, habrá de dirigirla, dentro del plazo de cinco (5) días, al inmediato técnico superior que la hubiera dictado, el cual dará al contratista el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

3.3. Recusación por el contratista de la dirección facultativa

El contratista no podrá recusar al Ingeniero-Director o persona de cualquier índole de la Dirección Facultativa o de la propiedad encargada de la vigilancia de las obras, ni solicitar que por parte de la propiedad se designen otros facultativos para los trabajos de reconocimiento y mediciones.

3.4. Despidos por falta de subordinación, por incompetencia o por manifiesta mala fe

En los supuestos de falta de respeto y/o de obediencia al Ingeniero-Director, a sus subalternos de cualquier clase, encargados de la vigilancia de obras, por manifiesta incapacidad, incompetencia o negligencia grave que comprometan y/o perturben la marcha de los trabajos, éste podrá requerir del contratista para apartar e incluso despedir de la obra a sus dependientes u operarios, cuando el Ingeniero-Director lo estime necesario.

3.5. Obras y ejecución

3.5.1. Replanteo de la obra

En el plazo de quince (15) días a partir de la adjudicación definitiva se comprobarán, en presencia del adjudicatario o de su representante, el replanteo de las obras efectuadas antes de la licitación, extendiéndose por duplicado la correspondiente acta de replanteo firmada por el Ingeniero-Director y por el contratista o su representante.

El acta de comprobación del replanteo reflejará la conformidad o no del replanteo respecto a los documentos contractuales del proyecto. Cuando ésta refleje alguna variación respecto a los documentos contractuales del proyecto, deberá ser acompañada de un nuevo presupuesto, valorado a los precios del contrato. En caso de que este plazo no se encuentre especificado en el contrato, se considerará el existente en el Plan de Seguridad y Salud, o en su defecto en la memoria descriptiva del presente proyecto.

La comprobación del replanteo deberá incluir como mínimo los datos y referencias previstos para poder materializar las obras, así como puntos fijos o auxiliares necesarios para los sucesivos replanteos de detalles y otros elementos que puedan estimarse precisos.

El contratista se responsabilizará de la conservación de las señales de los puntos que hayan sido integrados. También dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el Pliego de Condiciones Particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para cumplir el plazo exigido en el contrato.

Obligatoriamente y por escrito, el contratista deberá dar cuenta al Ingeniero-Director del comienzo de los trabajos al menos con tres (3) días de antelación.

3.5.2. Orden de los trabajos

La determinación del orden de los trabajos es facultad del contratista, salvo en casos en que, por circunstancias de orden técnico la Dirección Facultativa estime conveniente su variación.

Dentro de los quince (15) días siguientes a la fecha en que se notifique la adjudicación definitiva de las obras, el contratista deberá presentar inexcusablemente al Ingeniero-Director un Programa de Trabajos en el que se especificarán los plazos parciales y fechas de terminación de las distintas clases de obras. El Ingeniero-Director podrá establecer las variaciones que estime

oportunas por circunstancias de orden técnico o facultativo, comunicándolas al contratista y siendo éstas de obligado cumplimiento.

El citado Programa de Trabajo, una vez aprobado por el Ingeniero-Director, tendrá carácter de compromiso formal en cuanto al cumplimiento de los plazos parciales establecidos.

En ningún caso se permitirá que el plazo total fijado para la terminación de las obras sea objeto de variación, salvo casos de fuerza mayor.

3.5.3. Libro de órdenes

El contratista tendrá siempre en la oficina de obra y a disposición del Ingeniero-Director un “Libro de Ordenes y Asistencia”, con sus hojas foliadas por duplicado, en el que se redactará las que crea oportunas para que se adopten las medidas precisas que eviten en lo posible los accidentes de todo género que puedan sufrir los operarios, los viandantes en general, las fincas colindantes y/o los inquilinos en las obras de reforma que se efectúen en edificaciones habitadas, así como las que crea necesarias para subsanar o corregir las posibles deficiencias constructivas que haya observado en las diferentes visitas a la obra, y en suma, todas las que juzgue indispensables para que los trabajos se lleven a cabo correctamente y de acuerdo, en armonía con los documentos del proyecto.

Cada orden deberá ser extendida y firmada por el Ingeniero-Director y el “Enterado” suscrito con la firma del contratista o de su encargado en la obra. La copia de cada orden extendida en el folio duplicado quedará en poder del Ingeniero-Director. El hecho de que el citado libro no figuren redactadas las órdenes que preceptivamente tiene la obligación de cumplimentar el contratista, no supone eximente o atenuante alguna para las responsabilidades que sean inherentes al contratista.

3.5.4. Condiciones generales de ejecución de los trabajos

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al proyecto que haya servido de base al contratista, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad entregue el Ingeniero-Director al contratista siempre que éstas encajen en la cifra a la que ascienden los presupuestos aprobados.

3.5.5. Ampliación de proyecto por causas imprevistas

Cuando sea preciso por motivo imprevisto ampliar el proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones facilitadas por el Ingeniero-Director en tanto se formulan o se tramita el proyecto reformado.

El contratista está obligado a realizar con cargo a su propio personal y con sus materiales, cuando la Dirección de las Obras disponga los apuntalamientos, apeos, o cualquier obra de carácter urgente, anticipando este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, según lo que mutuamente convengan.

3.5.6. Prórrogas por causa de fuerza mayor

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del contratista, no pudiese comenzar las obras, tuviese que suspenderlas, o no fuera capaz de terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento del contratista, previo informe favorable del Ingeniero-Director, tras haber leído la causa del impedimento de la ejecución o marcha de los trabajos y el retraso que originará por escrito del contratista, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

El contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

3.5.7. Trabajos defectuosos

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la obra, el contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las posibles faltas o defectos que en estos puedan existir por su mala ejecución, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

El contratista deberá utilizar materiales que cumplan las condiciones exigidas en el Pliego de condiciones particulares y realizar todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con dicho documento.

Como consecuencia de lo anterior, cuando el Ingeniero-Director o su representante en la obra advierta vicios o defectos en los trabajos efectuados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnan las condiciones preceptuadas, ya sea durante la ejecución de los trabajos o una vez finalizados éstos y con anterioridad a la verificación de la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas según el contrato, y todo aquello a expensas del Adjudicatario. Si éste no considerase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción ordenada, se procederá según estos pasos:

- Cuando los materiales o aparatos no reuniesen la calidad requerida o no estuviesen perfectamente preparados, el Ingeniero Director dará orden al Adjudicatario para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas por los Pliegos, o a falta de éstos, a las órdenes del Ingeniero-Director.
- El Ingeniero Director podrá, si las circunstancias o el estado de la obra lo aconsejen, permitir el empleo de aquellos materiales de mayor calidad a la fijada de antemano en caso de que el Adjudicatario no le fuese posible suministrarlos de dicha calidad, descontándosele en ese caso la diferencia de precio del material requerido al defectuoso empleado, y no teniendo derecho el Adjudicatario a indemnización alguna en el segundo de los casos.

El Adjudicatario es el único responsable de la ejecución de los trabajos para los que ha sido contratado y de las faltas y defectos que éstos pudiesen tener por su incorrecta ejecución y por la deficiencia de la calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servir de excusa ni le otorgue derecho alguno el que el Ingeniero Director o sus subalternos no le hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valoradas en las certificaciones y participaciones de las obras.

3.5.8. Modificación de trabajos defectuosos

Cuando el Ingeniero-Director advierta vicios o defectos en los trabajos efectuados, o que los materiales empleados o los equipos y aparatos colocados no reúnan las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas del contratista.

3.5.9. Maquinaria

El contratista quedará obligado a situar en la obra los equipos de la maquinaria que se comprometan a aportar licitación, y que el director de las obras considere necesario para el correcto desarrollo de las mismas. Dichos equipos de maquinaria deberán ser aprobados por el director.

La maquinaria y demás elementos de trabajo deberán estar en condiciones de funcionamiento y quedar adscritos a la obra durante el curso de la ejecución de las unidades en las que deban utilizarse. No podrán retirarse sin el consentimiento del Ingeniero-Director.

3.5.10. Ensayos

El número de ensayos y su frecuencia, tanto sobre materiales como unidades de obras terminadas, será fijado por el Ingeniero-Director, y se efectuarán con arreglo a las normas aplicables a cada unidad de obra, o, en su defecto, con arreglo a las instrucciones que dicte el Ingeniero-Director.

3.5.11. Materiales no utilizados

El contratista transportará y colocará los materiales y escombros que no sean utilizables en la obra, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado que se le designe. Queda también obligado a retirar los escombros ocasionados, trasladándolos al vertedero o gestor de residuos autorizado.

3.5.12. Materiales defectuosos

Cuando los materiales, equipos, aparatos y/o elementos de las instalaciones resultan defectuosos, el Ingeniero-Director dará orden al contratista para que los sustituya por otros que satisfagan las condiciones establecidas. Si a los quince (15) días de recibir el contratista dicha orden ésta no hubiese sido cumplida, podrá hacerlo el propietario cargando los gastos al contratista.

Si los materiales, elementos de instalaciones, equipos y/o aparatos fueran de calidad inferior pero no defectuosos, y aceptables a juicio del Ingeniero-Director, se recibirán pero con la correspondiente rebaja del precio que se determine, a no ser que el contratista pudiera sustituirlos por otros en condiciones.

3.5.13. Acopios

Quedará terminantemente prohibido, salvo autorización escrita del director, efectuar acopio de materiales sobre la plataforma de obra y en aquellas zonas marginales que defina el director. Se considera especialmente prohibido el depositar materiales, herramientas, maquinaria, escombros o cualquier otro elemento no deseable en cualquier lugar en el que la presencia de dichos elementos pueda entorpecer las labores de mantenimiento y operación de las unidades de proceso, o pueda dificultar el proceso de emergencia de la planta.

Los materiales se almacenarán de forma que se asegure la preservación de su calidad para su utilización en la obra, requisito que deberá ser comprobado en el momento de su utilización.

Las superficies empleadas en la zona de acopios deberán acondicionarse para que recuperen su aspecto original una vez terminada su utilización. Los gastos que de ello se deriven correrán por cuenta del contratista.

3.5.14. Medios auxiliares

Serán de cuenta y riesgo del contratista los andamios, cimbras, máquinas y demás medios auxiliares que para preservar la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesiten, de manera que el propietario no tenga responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente que pueda ocurrir en las obras por insuficiencia de dichos medios auxiliares.

3.5.15. Acta de recepción

La recepción de la obra es el acto por el cual el contratista, una vez concluida ésta, hace entrega de la misma al propietario y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes.

La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el propietario y el contratista, y en la misma se hará constar:

- Las partes que intervienen.
- La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma.
- El coste final de ejecución material de la obra.

- La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados, habrá que constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.
- Las garantías que, en su caso, se exijan al contratista para asegurar sus responsabilidades.
- Se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el Ingeniero-Director y la documentación justificativa del control de calidad realizado, si procede.

El propietario podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecua a las condiciones contractuales. El rechazo deberá ser por escrito en el acta, en la que se fijará el nuevo plazo para efectuar la recepción.

Salvo expreso de lo contrario, la recepción de la obra tendrá lugar dentro de los treinta (30) días siguientes a la fecha de su terminación, acreditada en el certificado final de la obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada por escrito al promotor. En caso de que no haya respuesta del promotor en dicho periodo, la recepción se entenderá tácitamente producida.

3.5.16. Documentación final

El Ingeniero-Director, asistido por el contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactarán la documentación final de la obra, que se facilitará al propietario. Dicha documentación se adjuntará al Acta de Recepción con la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento de la edificación y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

Esta documentación constituirá el Libro del Edificio, que ha de ser encargada por el propietario, será entregada a los usuarios finales de la edificación. A su vez dicha documentación se divide en:

3.5.16.1. Documentación de seguimiento de la obra

Dicha documentación según el Código Técnico de la Edificación (CTE) se compone de:

- Libro de Órdenes y Asistencias.
- Libro de incidencias en materia de Seguridad y Salud.

- Proyecto con sus anexos y modificaciones debidamente autorizadas por el Ingeniero-Director de la obra.
- Licencia de obras, de apertura y, en su caso, de otras autorizaciones administrativas.

3.5.16.2. Documentación de control de obra

Su contenido, cuya recopilación es responsabilidad del Jefe de obra, se compone de:

- Documentación de control, que debe responder a lo establecido en el proyecto, anexos y modificaciones
- Documentación, instrucciones de uso y mantenimiento, así como garantías de los materiales y suministros que debe ser proporcionada por el contratista.
- En su caso, documentación de calidad de las unidades de obra, preparada por el contratista y autorizada por el Ingeniero-Director.

3.5.16.3. Documentación de seguimiento de la obra

Este se ajustará al modelo aprobado por el Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Industriales de España, en donde el Ingeniero-Director de la ejecución de la obra certificará haber dirigido la ejecución material de las mismas, controlado cuantitativa y cualitativamente su construcción y la calidad de lo edificado e instalado de acuerdo con el proyecto, la documentación técnica y las normas de buena construcción.

Asimismo certificará que en el desarrollo de los trabajos se han observado y cumplido todas las prescripciones técnicas de seguridad y que se han realizado todas las pruebas y ensayos previstos en los Reglamentos vigentes que afectan a las instalaciones comprendidas en el proyecto.

Al certificado final de obra se le unirán como anexos la descripción de las modificaciones que se hubiesen introducido durante la obra haciendo constar su compatibilidad con las condiciones de la licencia y la relación de los controles realizados.

3.5.17. Medición definitiva de las obras

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por la Dirección Facultativa a su medición general y definitiva, con precisa asistencia del contratista o un representante suyo nombrado por él o de oficio en la forma prevenida para la recepción de obras, debiendo aplicar los precios establecidos en el contrato entre las partes y levantando acta, por triplicado

ejemplar, correspondientes a las mediciones parciales y finales de la obra, realizadas y firmadas por la Dirección Facultativa y el contratista, debiendo aparecer la conformidad de ambos en los documentos que la acompañan. Lo mismo en las mediciones parciales como en la final, entendiéndose que éstas comprenderán las unidades de obra realmente ejecutadas.

Todos los trabajos y unidades de obra que vayan a quedar ocultos en el edificio, una vez que se haya terminado, el contratista los pondrá en conocimiento de la Dirección Facultativa con la suficiente antelación para poder medir y tomar datos necesarios. De otro modo, se establecerán los criterios de medición que establezca la Dirección Facultativa.

Servirán de base para la medición los datos del replanteo general: los datos de los replanteos parciales, los datos de cimientos y demás partes ocultas de las obras tomadas durante la ejecución de los trabajos con la firma del contratista y la Dirección Facultativa, la medición que se lleve a efecto de las partes descubiertas de la obra y, en general, los que convengan al procedimiento consignado en las condiciones de la Contrata para decidir el número de unidades de obra de cada clase ejecutadas; teniendo presente salvo pacto en contra lo preceptuado en los diversos capítulos del Pliego de Condiciones Técnicas Particulares.

Las valoraciones de las unidades de obra se calculan multiplicando el número de unidades de obra por el precio unitario, incluidos gastos de transporte, indemnizaciones o pagos, impuestos fiscales y todo tipo de cargas sociales.

La medición y valoración realizadas por el contratista deberán ser aprobadas por la Dirección Facultativa, o por el contrario ésta deberá efectuar las observaciones convenientes de acuerdo con las mediciones y anotaciones tomadas en obra. Una vez corregidas las observaciones, la Dirección Facultativa dará su certificación firmada al contratista y al promotor.

El contratista podrá oponerse a la resolución adoptada por la Dirección Facultativa, previa comunicación a la misma. La certificación será inapelable transcurridos diez (10) días, u otro plazo pactado entre las partes, desde su envío, si la Dirección Facultativa no recibe ninguna notificación.

3.6. Recepción definitiva de las obras

Finalizado el plazo de garantía y si se encontrase en perfecto estado de uso y conservación, se dará por recibida definitivamente la obra, quedando relevado el contratista, a partir de este momento, de toda responsabilidad legal que le pudiera corresponder por la existencia de defectos visibles así como la normal conservación y mantenimiento de la edificación y de sus

instalaciones, quedando solo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

De la recepción definitiva, se levantará un acta, firmada por triplicado por parte del propietario, el Ingeniero-Director y el contratista, que será indispensable para la devolución de la fianza depositada por éste último. Una vez recibidas definitivamente las obras, se procederá a la liquidación correspondiente que deberá quedar terminada en un plazo no superior a seis (6) meses.

3.6.1. Plazo de garantía

El plazo de garantía de las obras e instalaciones deberá estipularse en el contrato suscrito entre el propietario y el contratista y en ningún caso será menor a NUEVE (9) MESES. Durante este tiempo el contratista es responsable de la conservación de la obra.

Si durante el plazo de garantía el contratista no llevase a cabo las obras de conservación o reparación a que viniese obligado, estas se llevarán a cabo con cargo a la fianza o a la retención.

Asimismo, hasta tanto se firme el Acta de Recepción Provisional, el contratista garantizará al propietario contra toda reclamación de terceros fundada por causas y por ocasión de la ejecución de la obra.

Una vez cumplido dicho plazo, se efectuará el reconocimiento final de las obras, y si procede su recepción definitiva.

3.6.2. Prórroga del plazo de garantía

Si al proceder el reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Ingeniero-Director marcará al contratista los plazos y formas en que deberían realizarse las obras necesarias, y, de no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con pérdida de la fianza.

4. CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICO

4.1. Base fundamental

Como base fundamental o principio general de estas condiciones económicas, se establece que el contratista debe percibir, de todos los trabajos efectuados, su real importe, siempre de acuerdo con la sujeción al proyecto y a las condiciones generales y particulares que han de regir la obra.

Asimismo, el propietario, el contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

4.2. Garantía

El contratista deberá abonar una fianza del 5% del presupuesto de las obras adjudicadas, con vistas a responder al cumplimiento de lo contratado, esta fianza puede ser depositada mediante cheque o aval bancario.

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para terminar la obra en las condiciones contratadas, el director de obra en nombre y representación de la propiedad los ordenará ejecutar a un tercero, abonando su importe con la fianza depositada por el contratista, sin perjuicio de las acciones legales a las que tenga derecho el propietario.

La fianza depositada, o lo que quede de ella, será devuelta al contratista una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra en un plazo que no excederá de treinta (30) días, siempre que el contratista haya acreditado por medio de certificado del alcalde del municipio en cuyo término se halle emplazada la obra contratada, que no existe reclamación alguna contra el por los daños y perjuicios que sean de su cuenta o por deuda de los jornales o materiales, ni por indemnización derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

4.3. Precios unitarios

Todos los materiales que intervengan en la construcción de las obras objeto de este proyecto (aún en el caso de aumento de las unidades especificadas o unidades que puedan aparecer) serán de cuenta del contratista, no admitiéndose por tanto ningún aumento por este concepto.

A efectos de propuestas y plazos, el contratista no debe contar con los suministros de terceros, comprometiéndose a construir o instalar todos los materiales o equipos necesarios para la terminación de los trabajos en el plazo señalado.

4.4. Descomposición de los precios unitarios

Será condición indispensable que, antes de comenzar todas y cada una de las unidades de obra contratadas, reciba por escrito la conformidad del Ingeniero-Director a los precios descompuestos de cada una de ellas, que el Contratista deberá presentarle, así como la lista de precios de salarios o jornales, de materiales, de costes de transportes y los porcentajes que se expresan en los subapartados del presente artículo.

El Ingeniero-Director valorará la exactitud de la justificación de los nuevos precios, tomando como base de cálculo tablas, bases de datos o informes sobre rendimiento de personal, de maquinaria, de materiales elementales, de precios auxiliares, etc. editadas por entidades profesionales de la Comunidad Autónoma con facultades para ello, de Organismos Nacionales o Internacionales de reconocida solvencia, etc., desestimando aquellos gastos imputables a la mala organización, improductividad o incompetencia de la Contrata.

A estos efectos, se considerarán los siguientes tipos de costes:

Se considerarán costes directos:

- La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que quedan integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los equipos y sistemas técnicos de seguridad y salud para la prevención de riesgos laborales y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- Los gastos de personal, de combustible, de energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistema y equipos anteriormente citados.

Se considerarán costes indirectos:

- Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, de comunicaciones, de edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, comedores, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos, evaluándose todos ellos en un porcentaje de los costes directos.

Se considerarán gastos generales:

- Los gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la Administración, legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos.

A falta de convenio especial, los precios unitarios se descompondrán preceptivamente como sigue:

4.4.1. Materiales

Cada unidad de obra que se precise de cada uno de ellos, y su precio unitario respectivo de origen.

4.4.2. Mano de obra

Por categorías dentro de cada oficio, expresando el número de horas invertido por cada operario en la ejecución de cada unidad de obra, y los jornales horarios correspondientes.

4.4.3. Transporte de materiales

Sobre la suma de los conceptos anteriores en las unidades de obra que los precisen.

4.4.4. Tanto por ciento de medios auxiliares y de seguridad

Sobre la suma de los conceptos anteriores en las unidades de obra que los precisen.

4.4.5. Tanto por ciento de seguros y cargas fiscales

Vigentes sobre el importe de la mano de obra, especificando en documento aparte la cuantía de cada concepto del seguro, y de la carga.

4.4.6. Tanto por ciento de gastos generales y fiscales

Sobre la suma de los conceptos correspondientes a los apartados de materiales y mano de obra.

4.4.7. Tanto por ciento de beneficio industrial del contratista

Aplicado la suma total de los conceptos correspondientes a materiales, mano de obra, transportes de materiales, y los tantos por ciento aplicados en concepto de medios auxiliares y de seguridad y de Seguros y Cargas fiscales.

El Contratista deberá asimismo presentar una lista con los precios de jornales, de los materiales de origen, del transporte, los tantos por ciento que imputa cada uno de los Seguros, y las Cargas Sociales vigentes, y los conceptos y cuantías de las partidas que se incluyen en el concepto de Gastos Generales, todo ello referido a la fecha de la firma del contrato.

4.5. Valoración y abono de los trabajos

4.5.1. Valoración de la obra

La medición de la obra se hará por el tipo de unidad fijada en el correspondiente presupuesto.

La valoración deberá obtenerse aplicando a las diversas unidades de obra el precio que tuviesen asignado en el presupuesto, añadiendo a este importe el de tantos por ciento que corresponda al beneficio industrial.

Las valoraciones se realizarán mensualmente. Las llevará a cabo director de la obra en presencia del contratista. De dicho acto se levantará un acta por duplicado, que se firmará por ambas partes.

4.5.2. Abono de las obras

El abono de los trabajos ejecutados se efectuará previa medición periódica (según intervalo de tiempo que se acuerde) y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas, tanto en las certificaciones como en la liquidación final, al precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, siempre y cuando se hayan realizado con sujeción a los documentos que

constituyen el proyecto o bien siguiendo órdenes que, por escrito, haya entregado el Ingeniero-Director.

Según la modalidad elegida para la contratación de las obras y salvo que en el contrato suscrito entre el Contratista y el Propietario se preceptúe otra cosa, el abono de los trabajos se efectuará así:

- Tipo fijo o tanto alzado total. Se abonará la cifra previamente fijada como base de la adjudicación.
- Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra, cuyo precio invariable se haya fijado de antemano, pudiendo variar solamente el número de unidades ejecutadas. Se abonará al contratista el importe de las comprendidas en los trabajos ejecutados y ultimados con arreglo y sujeción a los documentos que constituyen el proyecto.
- Tanto variable por unidad de obra, según las condiciones en que se realice y los materiales diversos empleados en su ejecución de acuerdo con las órdenes del Arquitecto-Director. Se abonará al Contratista en idénticas condiciones al caso anterior.
- Por listas de salarios o jornales y recibos de materiales, autorizados en la forma que el contrato suscrito entre el Contratista y la Propiedad determina.
- Por horas de trabajo, ejecutado en las condiciones determinadas en el contrato.

4.5.3. Abono de trabajos presupuestados por partida alzada

Las partidas alzadas, una vez ejecutadas, se medirán en unidades de obra y se abonarán a la contrata. Si los precios de una o más unidades de obra no están establecidos, se considerarán como si fuesen contradictorios.

Salvo lo estipulado en el contrato entre el Contratista y la Propiedad, el abono de los trabajos presupuestados por partida alzada se efectuará de acuerdo con un procedimiento de entre los que a continuación se expresan:

- Si existen precios contratados para unidades de obra iguales o semejantes, las presupuestadas mediante partida alzada se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.
- Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios para las unidades con partida alzada, deducidos de los similares contratos.

En caso contrario, la partida alzada se abonará íntegramente al contratista, excepto en el caso de que en el presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso el Ingeniero-Director indicará al contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que debe seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el tanto por ciento correspondiente al Beneficio Industrial del contratista.

4.5.4. Abono de otros trabajos no contratados

Cuando fuese preciso efectuar agotamientos, inyecciones y otra clase de trabajos de cualquiera índole especial y ordinaria, que por no estar contratados no sean de cuenta del contratista, y si no se contratasen con tercera persona, tendrá el contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por el propietario por separado de la Contrata.

Además de reintegrar mensualmente estos gastos al Contratista, se le abonará juntamente con ellos el tanto por ciento del importe total que, en su caso, se especifique en el Pliego de Condiciones Particulares.

4.5.5. Abono de trabajos ejecutados en el período de garantía

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá de la siguiente forma:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el contratista a su debido tiempo; y el Ingeniero-Director exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en los "Pliegos Particulares" o en su defecto en los Generales, en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización; en caso contrario, se aplicarán estos últimos.
- Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio o de sus instalaciones, por haber sido éste utilizado durante dicho

plazo por la Propiedad, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.

- Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al contratista.

4.5.6. Obras no terminadas

Las obras no terminadas o incompletas no se abonarán o se abonarán en la parte en que se encuentren ejecutadas, según el criterio establecido por la Dirección Facultativa.

4.5.7. Certificaciones

El Contratista tomará las disposiciones necesarias, para que periódicamente, según el intervalo de tiempo acordado en el contrato, lleguen a conocimiento del Ingeniero-Director las unidades de obra realizadas previa medición, quien tendrá la facultad de revisarlas sobre el propio terreno, al cual le facilita aquel, cuantos medios sean indispensables para llevar a buen término su cometido.

Lo ejecutado por el Contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando al resultado de la medición general, cúbica, superficial, lineal, ponderada o numeral correspondiente para cada unidad de obra, los precios unitarios aprobados y extenderá la correspondiente certificación, teniendo presente además lo establecido en el presente Pliego de Condiciones respecto a mejoras o sustituciones de material y a las obras accesorias y especiales.

4.6. Penalización económica al contratista por el incumplimiento de compromisos

Si el contratista incumpliera con los plazos de ejecución de las obras estipuladas en el contrato de adjudicación, y no justificara debidamente a juicio de la Dirección Técnica la dilación, el propietario podrá imponer las penalizaciones económicas acordadas.

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un porcentaje (tanto por mil) del importe total de los trabajos contratados o cantidad fija con cargo a la fianza, sin perjuicio de las acciones legales que en tal sentido correspondan. Dicha indemnización, que deberá

indicarse en el contrato suscrito entre contratista y el propietario. En el caso de no haberse estipulado en el contrato el plazo de ejecución de las obras, se entenderá como tal el que figura como suficiente en la memoria del proyecto.

Si tampoco se hubiera especificado la cuantía de las penalizaciones, las indemnizaciones por retraso en la terminación de las obras, se aplicarán por lo que esté estipulado a tal efecto en cualquiera de los siguientes casos, siendo el importe resultante descontado con cargo a las certificaciones o a la fianza.

- Una cantidad fija durante el tiempo de retraso (por día natural, semana, mes, etc.) desde el día fijado para su terminación en el calendario de obra o en el contrato.
- El importe de los alquileres que el propietario dejase de percibir durante el plazo de retraso en la entrega de las obras, en las condiciones exigidas, siempre que se demostrase que los locales diversos están alquilados.
- El importe de la suma de perjuicios materiales causados por la imposibilidad de ocupación del inmueble, previamente fijados.

Santiago de Compostela, Julio 2018

Autores del proyecto

Hugo del Valle Corte

Alfonso Vidal Martínez

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

Planta de producción de etil-glicol (etano-1,2-diol) a partir de
óxido de etileno

Contenido

1.	MAQUINARIA Y EQUIPO	2
1.1.	Mantenimiento y garantía	2
1.2.	Condiciones de ejecución y montaje.....	2
1.3.	Seguridad y señalización	3
1.4.	Condiciones de puesta en marcha	3
1.4.1.	Bombas.....	3
1.4.2.	Elementos de control, de regulación y de medida.....	4
1.5.	Mediciones y valoración.....	4
2.	ELECTRICIDAD.....	4
2.1.	Instalación eléctrica.....	4
2.2.	Motores	5
2.3.	Cableado.....	5
2.4.	Herramientas.....	5
2.4.1.	Cuadros de distribución	5
2.4.2.	Instalaciones de fuerza y alumbrado	5
3.	CONDICIONES DE LOS MATERIALES	6
3.1.	Condiciones generales	6
3.2.	Condiciones que han de cumplir los materiales	6
3.2.1.	Materiales para hormigones y morteros	6
3.2.2.	Aceros.....	8
3.2.3.	Materiales auxiliares de hormigones	8
3.2.4.	Encofrados y cimbras	9
3.2.5.	Aglomerantes (cemento excluido)	9
3.2.6.	Materiales no especificados en el pliego	10

1. MAQUINARIA Y EQUIPO

Los equipos y maquinaria a emplear presentarán y cumplirán con la normativa vigente que les sea aplicable de la Dirección Provincial de Industria o el departamento correspondiente, presentando buen estado de conservación, y no representando un peligro para ningún trabajador o a terceros.

No se señalan características constructivas de los equipos que están determinados por marca y modelo, ya que se trata de unidades de fabricación normalizada. Se admitirán otras marcas y modelos que los fijados en el proyecto siempre a juicio del contratista, debiendo elegir otros de igual o mejor calidad.

1.1. Mantenimiento y garantía

La empresa adjudicataria garantizará por un periodo de tiempo de un (1) año el funcionamiento de todos los dispositivos e instalaciones del sistema por causas derivadas de defectos de los materiales.

Independientemente de esta garantía, la empresa adjudicataria podrá, a la entrega de la instalación, suscribir un contrato de mantenimiento, por lo que en la presentación de la oferta deberá describir y evaluar su propuesta de mantenimiento, así como la lista de repuestos que considere necesarios para el tiempo estimado para la garantía.

1.2. Condiciones de ejecución y montaje

Todos los equipos, tuberías, conductos, etc. Se montarán, suspenderán o fijarán en bancadas y soportes según se requiera en la obra. El contratista será responsable de coordinar la utilización de soportes comunes con otros oficios y presentará a la Dirección Técnica los diseños y datos de los sistemas a emplear para la sustentación, demostrando que son adecuados para los pesos, esfuerzos y trabajos que deben soportar, en forma de planos de taller.

Los equipos deberán montarse en espacios asignados en el proyecto. Se deberá verificar el espacio requerido para el equipo propuesto, haya sido o no especificado anteriormente.

Válvulas, motores, controles, aparatos, etc. se instalarán de forma que sean fácilmente accesibles para su manejo, reparación, limpieza y sustitución. Y las conexiones de aparatos o

equipos a las redes de tuberías se harán de forma que no exista interacción mecánica y sin transmitir al equipo ningún esfuerzo mecánico a través de la conexión procedente de la tubería.

Durante la instalación de la maquinaria, se protegerán debidamente todos los aparatos y accesorios, colocando tapones o cubiertas en las tuberías que vayan a quedar abiertos durante cierto tiempo.

Una vez terminado el montaje se procederá a la limpieza de todos los equipos, tanto interior como exterior.

1.3. Seguridad y señalización

Todas las máquinas y equipos instalados vendrán pintados de fábrica. Cada equipo o elemento principal llevará fijada con seguridad, en sitio visible, una placa con el nombre, la dirección del fabricante y el número de catálogo. No se aceptarán placas que lleven únicamente el nombre de un agente distribuidor.

Todos los equipos de la instalación quedarán debidamente señalizados para su posterior identificación en los planos y en las instrucciones de funcionamiento. Para ello se rotularán en lugar visible el número y denominación correspondiente del aparato que se trate, o mediante placas metálicas si fuese necesario.

1.4. Condiciones de puesta en marcha

El contratista garantizará que todos los equipos han sido probados antes de su instalación final, de manera que cualquier equipo que presente deficiencias de cualquier tipo será reemplazado a expensas del instalador.

Antes de la realización de las pruebas finales, la instalación se deberá encontrar totalmente terminada de acuerdo con las especificaciones del proyecto. Y deberá haber cumplido de antemano las exigencias previas tales como limpieza, suministro de energía, etc.

1.4.1. Bombas

Se comprobará el correcto funcionamiento tanto de motores como de las bombas propiamente dichas, incluyendo el consumo de energía en condiciones de trabajo. Se verificará que las condiciones de operación y caudales son los deseados en cada caso, actuando sobre las válvulas

a la salida de las bombas. Se revisarán y ajustarán los prensaestopas, de manera que no se produzcan fugas o goteos.

La comprobación del caudal se realizará comprobando que la curva característica experimental de la bomba coincide con la dada con el fabricante.

1.4.2. Elementos de control, de regulación y de medida

Se comprobará el buen funcionamiento y exactitud de todos los elementos de medida (manómetros, indicadores de nivel, etc.), evitando errores superiores al $\pm 1\%$ del fondo de escala.

Se realizará un ajuste exacto de las sondas, interruptores de nivel, etc., y se comprobará su correcto funcionamiento, asegurando los controles y actuaciones previstas en el proyecto.

Será responsabilidad del contratista el reparar o sustituir, según proceda, todos los elementos de control y regulación que ofrezcan desajustes o deficiencias en su funcionamiento.

1.5. Mediciones y valoración

Antes de verificar la recepción provisional, se someterán las obras a pruebas de resistencia, estabilidad e impermeabilidad. De igual modo el contratista procederá a la puesta a punto de la instalación, verificándose pruebas generales de su funcionamiento y efectividad de tratamiento.

Las unidades que vayan a ser tapadas serán objeto de medición previa. De no ser así, se entenderá que el contratista acepta correr con los gastos de demolición y descubrimiento precisos para destaparla en caso de que se requiera.

2. ELECTRICIDAD

2.1. Instalación eléctrica

Todos los equipos y materiales eléctricos se instalarán de acuerdo con las normas de los fabricantes, y todos ellos estarán identificados al principio y al final del recorrido.

2.2. Motores

Los motores eléctricos tendrán la protección idónea para el lugar y condiciones de trabajo. Serán, en general, de jaula de ardilla.

2.3. Cableado

Todos los cableados se efectuarán con conductores de cobre electrolítico aislados. No se introducirán los conductores en los conductos antes de que éstos estén perfectamente colocados en su sitio y haya sido previamente comprobado que no existe ninguna obstrucción en su interior.

Cuando varios conductores vayan juntos en un tubo, se introducirán ambos al mismo tiempo. Los conductores empleados deberán ser de cobre y su aislamiento será de PVC.

No se admitirán cables con desperfectos superficiales, o que no vayan en las bobinas de origen, en las que debe figurar el nombre del fabricante, el tipo de cable y su sección.

En cuanto a las derivaciones individuales, los diámetros de conductores y tubos se fijan en los planos correspondientes y cada derivación contendrá las fases, neutro y conductor de protección.

2.4. Herramientas

2.4.1. Cuadros de distribución

Los cuadros serán nivelados y alineados perfectamente en su sitio. Antes de entrar en servicio serán repasadas todas las conexiones y la tornillería y se limpiarán perfectamente todos los aisladores, etc. El adjudicatario realizará todas las conexiones interiores y exteriores que se requieran.

2.4.2. Instalaciones de fuerza y alumbrado

El adjudicatario realizará las conexiones en cajas de mecanismos, aparatos, etc. Serán instalados completamente incluyendo lámparas, difusores, reactancias, etc. y todos los accesorios que formen parte del montaje.

Las lámparas se instalarán una vez que estén perfectamente colocados los aparatos de alumbrado de acuerdo con los planos e instrucciones del fabricante.

3. CONDICIONES DE LOS MATERIALES

3.1. Condiciones generales

Todos los materiales a emplear serán de calidad y reunirán las condiciones exigidas vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción. Todos ellos podrán ser sometidos a ensayos o pruebas para acreditar su calidad, tal y como se expresa en las Cláusulas Administrativas del pliego de condiciones. Deberán ser resistentes a las acciones a las que estén sometidos en las condiciones de trabajo, de forma que no puedan deteriorarse o envejecer prematuramente en condiciones normales de utilización.

Aquellos materiales para los cuales existan disposiciones oficiales que reglamenten la recepción, transporte, manipulación o empleo, deberán satisfacer la reglamentación en vigor.

Para aquellos materiales no especificados, se seguirán las instrucciones de la Dirección Técnica. Además, estos materiales podrán ser sometidos a pruebas o análisis por cuenta de la contrata que se crean necesarios para acreditar su calidad.

3.2. Condiciones que han de cumplir los materiales

3.2.1. Materiales para hormigones y morteros

3.2.1.1. Áridos

La naturaleza de los áridos y su preparación serán tales que permitan garantizar la adecuada resistencia y durabilidad del hormigón.

Como áridos para la fabricación de hormigones pueden emplearse arenas y gravas existentes en yacimientos naturales, machacados u otros productos cuyo empleo resulte aconsejable como consecuencia de estudios realizados en un laboratorio oficial. En cualquier caso, cumplirá las condiciones de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

En el caso de utilizar escorias siderúrgicas como árido, se comprobará previamente que son estables, es decir, que no contienen silicatos inestables ni compuestos ferrosos.

Se cumplirán las condiciones señaladas en la EHE en cuanto al tamaño de los áridos.

3.2.1.2. Agua para amasado

- Si se emplea cloruro cálcico como acelerador, su dosificación será igual o menor del 2% en peso del cemento y si se trata de hormigonar con temperaturas muy bajas, del 3,5% en peso del cemento.
- Si se usan aireantes para hormigones normales su proporción será tal que la disminución de la resistencia a compresión producida por la inclusión del aireante sea inferior al 20%. En ningún caso la proporción del aireante será mayor al 4% en peso del cemento.
- En caso de empleo de colorantes, la proporción será inferior al 10% en peso del cemento. No se emplearán colorantes orgánicos.
- Cualquier otro límite que se derive de la EHE.

3.2.1.3. Aditivos

Si se emplea cloruro cálcico como acelerador, su dosificación será igual o menor del 2% en peso del cemento y si se trata de hormigonar con temperaturas muy bajas, del 3,5% en peso del cemento.

- Si se usan aireantes para hormigones normales su proporción será tal que la disminución de la resistencia a compresión producida por la inclusión del aireante sea inferior al 20%. En ningún caso la proporción del aireante será mayor al 4% en peso del cemento.
- En caso de empleo de colorantes, la proporción será inferior al 10% en peso del cemento. No se emplearán colorantes orgánicos.
- Cualquier otro límite que se derive de la EHE.

3.2.1.4. Cemento

Los cementos a emplear podrán almacenarse en sacos o a granel. En el primer caso, el almacén protegerá contra la intemperie y la humedad, tanto del suelo como de las paredes. Si se almacena a granel, no podrán mezclarse en el mismo sitio cementos de distintas calidades y procedencias.

Se exigirá al contratista la realización de ensayos que demuestren que los cementos cumplen las condiciones exigidas. Las partidas de cemento defectuoso serán retiradas de la obra en el plazo máximo de 8 días. Los ensayos se realizarán en laboratorios homologados.

Se tendrán en cuenta prioritariamente las determinaciones de la EHE.

3.2.2. Aceros

El contratista indicará las características mecánicas de los aceros empleados

3.2.2.1. Acero de alta adherencia en redondos para armaduras

Estos aceros vendrán marcados de fábrica con señales indelebles para evitar confusiones en su empleo. No presentarán defectos, grietas, sopladuras ni mermas de sección superiores al 5%.

3.2.2.2. Acero laminado

Los perfiles de acero laminado vendrán con su correspondiente identificación de fábrica, con señales indelebles para evitar confusiones. No presentarán grietas, ovalizaciones, sopladuras ni mermas de sección superiores al 5%.

3.2.3. Materiales auxiliares de hormigones

3.2.3.1. Productos para curado de hormigones

Se definen como productos para curado de hormigones hidráulicos los que, aplicados en forma de pintura pulverizada, depositan una película impermeable sobre la superficie de hormigón para impedir la pérdida de agua por evaporación.

El color de la capa protectora resultante será claro, preferiblemente blanco, para evitar la absorción del calor solar. Esta capa deberá ser capaz de permanecer intacta durante 7 días al menos después de una aplicación.

3.2.3.2. Desencofrantes

Se definen como tales a los productos que, aplicados en forma de pintura a los encofrados, disminuyen la adherencia entre éstos y el hormigón, facilitando la labor de desmoldeo. El empleo de estos productos deberá ser expresamente autorizado.

3.2.4. Encofrados y cimbras

3.2.4.1. Encofrados en muros

Podrán ser de madera o metálicos, pero tendrán la suficiente rigidez, latiguillos y puntales para que la deformación máxima debida al empuje del hormigón fresco sea inferior a 1 cm respecto a la superficie teórica de acabado.

3.2.4.2. Encofrado de pilares, vigas y arcos

Serán de metal y cumplirán la condición de que la deformación máxima de una arista encofrada respecto a la teórica sea menor o igual de 1 cm de la longitud teórica. Además, deberán tener el confrontado lo suficientemente rígido para soportar los efectos dinámicos del vibrado del hormigón, de forma que el máximo movimiento local producido por esta causa sea de 5 mm.

3.2.5. Aglomerantes (cemento excluido)

3.2.5.1. Cal hidráulica

Cumplirá las siguientes condiciones:

- Densidad aparente superior a ocho décimas.
- Pérdida de peso por calcinación al rojo blanco menor del 12%.
- Fraguado entre 9 y 30h.
- Resistencia a la tracción de pasta pura a los 7 días superior a 8 kg/cm².
- Resistencia a la tracción del mortero normal a los 7 días superior a 4 kg/cm².
- Resistencia a la tracción de pasta pura a los 28 días superior a 8 kg/cm² y también superior en 2 kg/cm² a la alcanzada el séptimo día.

3.2.5.2. Yeso negro

Deberá cumplir las siguientes condiciones:

- El contenido en sulfato cálcico semihidratado ($\text{SO}_4\text{Ca}/2\text{H}_2\text{O}$) será como mínimo del 50% en peso.
- El fraguado no comenzará antes de los min y no terminará después de los 30 min.
- En tamiz 0,2 UNE 7050 no será mayor del 20%.
- Las probetas prismáticas 4-4-16 cm de pasta normal ensayadas a flexión, con una separación entre apoyos de 10,67 cm, resistirán una carga central de 120 kg como mínimo.
- La resistencia a compresión determinada sobre medias probetas procedentes del ensayo a flexión, será como mínimo 75 kg/cm². La toma de muestras se efectuará como mínimo en un 3% de los casos mezclando el yeso procedente hasta obtener por cuarteo una muestra de 10 kg como mínimo una muestra.

3.2.6. Materiales no especificados en el pliego

Los demás materiales que se emplean en las obras objeto de este proyecto, y que no han sido específicamente tratados, serán de probada calidad entre los de su clase, en armonía con las aplicaciones que hayan de recibir y con las adecuadas características que exige su correcta conservación, utilización y servicio. Deberán cumplir las exigencias que figuran en las exigencias de este proyecto y el contratista deberá indicar las características mecánicas, así como su composición química.

En todo caso, los materiales serán sometidos a estudio y aprobación, exigiendo catálogos, referencias, muestras, informes y certificados que los correspondientes fabricantes estimen necesarios. Si la información no se considerase suficiente, podrán exigirse los ensayos oficiales oportunos de los materiales a utilizar.

Santiago de Compostela, Julio 2018

Autores del proyecto

Hugo del Valle Corte

Alfonso Vidal Martínez

DOCUMENTO V.

PRESUPUESTO

Planta de producción de etil-glicol (etano-1,2-diol) a partir de
óxido de etileno

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	2
2. COSTES DIRECTOS	3
2.1. Costes directos totales	3
2.2. Coste de equipos comprados	3
2.2.1. Reactor	4
2.2.2. Columna de extracción	5
2.3. Instalación de equipos comprados	6
2.4. Instrumentación y control instalados	6
2.5. Tuberías instaladas	7
2.6. Instalación eléctrica	7
2.7. Edificaciones	8
2.8. Acondicionamiento del terreno	8
2.9. Instalaciones de servicio	9
2.10. Terreno	9
3. COSTES INDIRECTOS	10
3.1. Ingeniería y supervisión	10
3.2. Gastos de construcción	11
3.3. Comisión del contratista	11
3.4. Contingencias	12
4. COSTES FIJOS TOTALES	12
5. CAPITAL CIRCULANTE	13
6. INVERSIÓN TOTAL	13
7. BIBLIOGRAFÍA	14
ANEXO I. PLANTILLA DE PORCENTAJES	15

1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento aparece detallado el presupuesto de obra y construcción de la planta de producción de etil-glicol a partir de óxido de etileno situada en San Roque.

La AACE, clasifica los tipos de presupuestos en cinco clases como se puede ver en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Clases de presupuesto. (AACE Internacional, 2018 A)

	Grado de definición del proyecto (%)	Uso	Metodología	Precisión esperada (rango con respecto a la clase 1)
Clase 5	0 - 2	Cribado o viabilidad	Estocástica o juiciosa	4 - 20
Clase 4	1 - 15	Estudio conceptual o viabilidad	Principalmente estocástica	3 - 12
Clase 3	10 - 40	Autorización o control de presupuesto	Variada pero principalmente estocástica	2 - 6
Clase 2	30 - 75	Control u oferta	Principalmente determinista	1 - 3
Clase 1	65 - 100	Comprobación del presupuesto o la oferta	Determinista	1

El nivel de desarrollo posible para un presupuesto depende de la incertidumbre de cálculo y del nivel de desarrollo del proyecto, en este caso, se va a llevar a cabo un presupuesto de clase 5 debido a que solo se ha llevado a cabo el diseño de dos equipos a nivel de ingeniería básica y solo se conocen ciertas utilidades relacionadas con los equipos que se han diseñado. *(AACE Internacional, 2018 B)*

Las estimaciones de clase 5 generalmente se preparan basándose en datos limitados y con un nivel elevado de imprecisión. Estas estimaciones, se emplean con fines estratégicos de planificación empresarial, como estudios de mercado, evaluación de la viabilidad inicial, evaluación de esquemas alternativos, estudios de localización, evaluación de necesidades y recursos, planificación de capital, etc. *(AACE Internacional, 2018 B)*

Los métodos empleados para las estimaciones de clase 5 suelen ser estocásticos como curvas y factores de coste/capacidad, factores de escalado, factores de Hand, factores de Land, factores

de Peters-Timmerhaus, etc y otras técnicas paramétricas y de modelado, por lo que, los rangos de exactitud típicos oscilan entre el -20% y -50% y entre el +30% y +100% dependiendo de varios factores como la información de referencia, la complejidad del proyecto y la contingencia considerada. (AACE Internacional, 2018 B)

2. COSTES DIRECTOS

2.1. Costes directos totales

Los costes directos totales pueden verse en la Tabla 2.1, las diferentes partidas que lo forman aparecen detalladas a continuación. (Peters et col., 1991)

Tabla 2.1. Resumen de los costes directos. Elaboración propia

Costes directos	Importe (€)
Equipamiento comprado	450.653,78
Instalación del equipo comprado	163.874,10
Instrumentación y control instalado	81.937,05
Tuberías instaladas	188.455,22
Instalación eléctrica	98.324,46
Edificaciones	172.067,81
Acondicionamiento del terreno	57.355,94
Instalaciones de servicio	229.423,74
Terreno	24.581,12
Costes directos totales	1.466.673,21

2.2. Coste de equipos comprados

Debido a que no se dispone de información fiable de índices actualizados para el coste actual de los equipos, su coste se calculará a partir del precio del acero necesario para construirlos, por lo que, se calculará la cantidad de kilogramos necesarios para la construcción de cada equipo según su volumen y se multiplicará por el precio del acero empleado para su construcción. (Peters et col., 1991)

Así el coste total de los equipos puede verse en la Tabla 2.2 y resulta de:

Tabla 2.2. Resumen del coste de los equipos comprados. Elaboración propia.

Equipo	Cantidad	Importe unitario (€)
Reactor	3	71.775,27
Torre de extracción	3	78.442,66
Total presupuesto parcial Nº1		450.653,78

A continuación, se detallan los costes pormenorizados de cada uno de los equipos aplicando el cambio de dólares a euros vigente el 12 de junio de 2018 en el que 1 dólar estadounidense (\$) equivale a 0,85 euros (€).

2.2.1. Reactor

Para calcular el coste de la carcasa del reactor, se calculará su volumen a partir de la diferencia entre su diámetro interior y su diámetro exterior empleando la fórmula [x].

$$V = \frac{\pi}{4} (d_e^2 - d_i^2) \cdot h \quad [2.1]$$

$$V = \frac{\pi}{4} ((3,69 \text{ m})^2 - (3,66 \text{ m})^2) \cdot 17,13 \text{ m} = 3,03 \text{ m}^3 \quad [2.2]$$

Para los cabezales se empleará la fórmula [x].

$$V = 0,08089 \cdot D \quad [2.3]$$

$$V_i = 0,08089 \cdot 3,66 \text{ m} = 3,97 \text{ m}^3 \quad [2.4]$$

$$V_e = 0,08089 \cdot 3,69 \text{ m} = 4,08 \text{ m}^3 \quad [2.5]$$

La diferencia entre ambos volúmenes es de 0,11 m³ que corresponde con el volumen ocupado por el metal.

En ambos casos, la densidad del acero inoxidable empleado es de 8.000 kg/m³ y su precio de 2,76 €/kg, los pesos y coste de cada una de las piezas puede verse en la Tabla 2.3. (*Metal Miner, 2018 B*)

Tabla 2.3. Resumen del coste del reactor. Fuente: Elaboración propia.

	Carcasa	Cabezal
Volumen (m³)	3,03	0,11
Peso (kg)	24.241,03	905,15
Coste (€)	66.787,63	2.493,82

No se evaluará el coste del catalizador debido a que no existe información libre sobre el coste del catalizador.

2.2.2. Columna de extracción

Para calcular el coste de la carcasa del reactor, se calculará su volumen a partir de la diferencia entre su diámetro interior y su diámetro exterior empleando la ecuación [2.6].

$$V = \frac{\pi}{4} ((3,37 \text{ m})^2 - (3,35 \text{ m})^2) \cdot 26,1 \text{ m} = 3,31 \text{ m}^3 \quad [2.6]$$

Para los cabezales se empleará la ecuación [2.7].

$$V = 0,08089 \cdot D \quad [2.7]$$

$$V_i = 0,08089 \cdot 3,04 \text{ m} = 3,04 \text{ m}^3 \quad [2.8]$$

$$V_e = 0,08089 \cdot 3,13 \text{ m} = 3,12 \text{ m}^3 \quad [2.9]$$

La diferencia entre ambos volúmenes es de 0,09 m³ que corresponde con el volumen ocupado por el metal.

Para evaluar el coste del relleno se va a emplear el coste del acero empleado, para ello se va a emplear la ecuación [2.10].

$$V = \left(\frac{D_i}{2}\right)^2 \pi \cdot h \cdot (1 - \varepsilon) \quad [2.10]$$

$$V = \left(\frac{3,35 \text{ m}}{2}\right)^2 \pi \cdot 20,2 \text{ m} \cdot (1 - 0,95) = 8,90 \text{ m}^3 \quad [2.11]$$

En todos los casos, la densidad del acero al carbono empleado es de 7.800 kg/m³ y su precio de 0,81 €/kg, sus costes pueden verse en la Tabla 2.4. (Metal Miner, 2018 A)

Tabla 2.4. Resumen del coste de los equipos comprados. Elaboración propia.

	Carcasa	Cabezal	Relleno
Volumen (m³)	3,31	0,09	8,90
Peso (kg)	25.802,63	671,55	69.437,72
Coste (€)	20.906,25	1.090,83	56.395,58

2.3. Instalación de equipos comprados

Los costes de instalación de los equipos incluyen la mano de obra, cimentación, plataformas, construcción y otros factores relacionados de forma directa con la instalación. En este caso, según la plantilla seleccionada estos costes corresponden al 7,49% de los costes del equipo comprado para una planta que opera con fluidos y puede verse en la Tabla 2.5. (*Peters et col., 1991*)

Tabla 2.5. Resumen del coste de instalación de los equipos. Elaboración propia.

Instalación de equipos comprados	Importe total (€)
Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Instalación reactores R-101/R-102/R-103 • Instalación torres de extracción T-101/T-102/T-103 	163.874,10
Total presupuesto parcial Nº2	163.874,10

2.4. Instrumentación y control instalados

El coste de los equipos de instrumentación y control incluye la adquisición de los mismos, la mano de obra de instalación y equipos auxiliares entre otros. Representa un 3,97% de la inversión de capital fijo y puede verse en la Tabla 2.6. (*Peters et col., 1991*)

Tabla 2.6. Resumen del coste de instrumentación y control. Elaboración propia.

Instrumentación y control instalados	Importe total (€)
Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Compra de equipos • Instalación y montaje de equipos • Calibración de equipos • Programación y software 	81.937,05
Total presupuesto parcial Nº3	81.937,05

2.5. Tuberías instaladas

El coste de tuberías instaladas incluye la mano de obra, las válvulas y soportes además de otros elementos imprescindibles para la correcta colocación de todas las tuberías de proceso. Corresponde a un 9,13% de la inversión de capital fijo y puede verse en la Tabla 2.7. (Peters et col., 1991)

Tabla 2.7. Resumen del coste de las tuberías instaladas. Elaboración propia.

Tuberías instaladas	Importe total (€)
Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Tuberías de proceso • Materiales • Válvulas y otros accesorios • Aislamiento • Pintura 	188.455,22
Total presupuesto parcial Nº4	188.455,22

2.6. Instalación eléctrica

La instalación eléctrica se compone de cableado, alumbrado, transformación y servicios. El coste de su compra e instalación corresponde a un 4,76% de la inversión de capital fijo y puede verse en la Tabla 2.8. (Peters et col., 1991)

Tabla 2.8. Resumen del coste de la instalación eléctrica. Fuente: Elaboración propia.

Instalación eléctrica	Importe total (€)
Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Equipo eléctrico • Materiales eléctricos • Cableado • Aislamiento 	98.324,46
Total presupuesto parcial Nº5	98.324,46

2.7. Edificaciones

El coste de las edificaciones, incluyendo las de servicios, comprende los gastos de materiales, suministros y mano de obra empleados en la construcción de todos los edificios de la planta, también se incluyen los costes de iluminación, calefacción y similares. El coste corresponde a un 8,33% de la inversión de capital fijo y puede verse en la Tabla 2.9. (*Peters et col., 1991*)

Tabla 2.9. Resumen del coste de las edificaciones. Elaboración propia.

Edificaciones	Importe total (€)
Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Edificios de proceso • Edificaciones auxiliares • Talleres de mantenimiento • Edificios de utilidades 	172.067,81
Total presupuesto parcial Nº6	172.067,81

2.8. Acondicionamiento del terreno

El coste de acondicionamiento del terreno incluye la construcción de carreteras, accesos y el vallado exterior además de la limpieza y nivelado del terreno. Se corresponde a un 2,78% de la inversión de capital fijo y puede verse en la Tabla 2.10 (*Peters et col., 1991*)

Tabla 2.10. Resumen del coste del acondicionamiento del terreno. Elaboración propia.

Acondicionamiento del terreno	Importe total (€)
Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Accesos • Carreteras • Limpieza • Nivelación de terreno • Vallado 	57.355,94
Total presupuesto parcial Nº7	57.355,94

2.9. Instalaciones de servicio

Las instalaciones de servicio corresponden a las instalaciones necesarias para proveer a la planta de vapor, agua, aire comprimido y otras utilidades. También incluye otros elementos como protección contra incendios, recogida de residuos, etc. Corresponde al 11,11% de la inversión de capital fijo y puede verse en la Tabla 2.11. (Peters et col., 1991)

Tabla 2.11. Resumen del coste de las instalaciones de servicio. Elaboración propia.

Instalaciones de servicio	Importe total (€)
Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones para utilidades • Recogida de residuos • Instalación contra incendios 	229.423,74
Total presupuesto parcial Nº8	229.423,74

2.10. Terreno

El coste del terreno corresponde a la compra de la parcela seleccionada, este coste se corresponde al 1,19% de la inversión de capital fijo y puede verse en la Tabla 2.12. (Peters et col., 1991)

Tabla 2.12. Resumen del coste del terreno. Elaboración propia.

Terreno		Importe total (€)
Incluye:		24.581,12
• Compra de la parcela		
Total presupuesto parcial Nº9		24.581,12

3. COSTES INDIRECTOS

Los costes indirectos totales pueden verse en la tabla 3.1 y a continuación aparecen detalladas las diferentes partidas. (Peters et col., 1991)

Tabla 3.1. Resumen de los costes indirectos. Elaboración propia.

Costes indirectos	Importe total (€)
Ingeniería y supervisión	204.842,63
Gastos de construcción	163.874,10
Comisión del contratista	65.549,64
Contingencias	163.874,10
Costes indirectos totales	598.140,47

3.1. Ingeniería y supervisión

Los costes para el diseño de las construcciones y la ingeniería, dibujo, compra, contabilidad, construcción, análisis de costes, traslados, reproducciones, comunicaciones y gastos de oficina, incluyendo gastos generales representan los costes de ingeniería y supervisión.

Como este coste no puede ser directamente asociado a las partidas de equipos, materiales o mano de obra se considera un coste indirecto. Corresponde a un 9,92% de la inversión de capital fijo y puede verse en la Tabla 3.2. (Peters et col., 1991)

Tabla 3.2. Resumen del coste de ingeniería y supervisión. Elaboración propia.

Ingeniería y supervisión	Importe total (€)
Incluye: <ul style="list-style-type: none"> Ingeniería Supervisión 	204.842,63
Total presupuesto parcial Nº10	204.842,63

3.2. Gastos de construcción

Otra de las partidas de las que constan los costes indirectos es la de los gastos de construcción. Esta partida incluye la construcción y operación temporal, herramientas de construcción y alquileres, personal de oficina en el sitio de construcción, impuestos, seguros y otros gastos generales de construcción. Se corresponde al 7,94% del coste de inversión fijo y puede verse en la Tabla 3.3. (Peters et col., 1991)

Tabla 3.3. Resumen del coste de los gastos de construcción. Elaboración propia.

Gastos de construcción	Importe total (€)
Incluye: <ul style="list-style-type: none"> Construcción de instalaciones temporales Construcción de los equipos Tasas e intereses Permisos y licencias de construcción 	163.874,10
Total presupuesto parcial Nº11	163.874,10

3.3. Comisión del contratista

Los honorarios del contratista se corresponden con un 3,17% de la inversión de capital fijo y puede verse en la Tabla 3.4. (Peters et col., 1991)

Tabla 3.4. Resumen del coste de la comisión del contratista. Elaboración propia.

Comisión del contratista	Importe total (€)
Incluye:	
• Honorarios del contratista	65.549,64
Total presupuesto parcial Nº12	65.549,64

3.4. Contingencias

La partida de contingencias se emplea para compensar efectos impredecibles que provoquen sobrecostos inesperados, tales como huelgas, inundaciones, cambios normativos, errores de estimación, pequeños cambios de diseño en los equipos, etc. Se corresponde con un 7,94% de la inversión de capital fijo y puede verse en la Tabla 3.5. (Peters et col., 1991)

Tabla 3.5. Resumen del coste de las contingencias. Elaboración propia.

Contingencias	Importe total (€)
Incluye:	
• Contingencias	163.874,10
Total presupuesto parcial Nº13	163.874,10

4. COSTES FIJOS TOTALES

Los costes fijos totales se corresponden con la suma de costes directos e indirectos y puede verse en la Tabla 4.1. (Peters et col., 1991)

Tabla 4.1. Resumen de los costes fijos totales. Elaboración propia.

Costes fijos	Importe total (€)
Costes directos	1.466.673,21
Costes indirectos	598.140,47
Costes fijos totales	2.064.813,68

5. CAPITAL CIRCULANTE

El capital circulante está formado por el dinero y recursos como materias primas almacenadas, producto final en stock y tasas y cuentas a pagar o cobrar. Esta partida se corresponde con un 20% de la inversión de capital fijo y puede verse en la Tabla 5.1. (*Peters et col., 1991*)

Tabla 5.1. Resumen del coste de los equipos comprados. Elaboración propia.

Capital circulante	Importe total (€)
Incluye:	
• Capital circulante	412.962,73
Capital circulante total	412.962,73

6. INVERSIÓN TOTAL

La suma de los costes fijos y del capital circulante corresponde con la inversión total de la planta y puede verse en la Tabla 6.1. (*Peters et col., 1991*)

Tabla 6.1. Resumen del coste de los equipos comprados. Elaboración propia.

Inversión	Importe total (€)
Costes fijos	2.064.813,68
Capital circulante	412.962,73
Inversión total	2.477.776,41

El presupuesto total de la planta de producción de etil-glicol a partir de óxido de etileno asciende a la cantidad de **DOS MILLONES CUATROCIENTOS SETENTA Y SIETE MIL SETECIENTOS SETENTA Y SEIS EUROS CON CUARENTA Y UN CÉNTIMOS.**

En Santiago de Compostela, a 2 de Julio de 2018

Los autores del proyecto,



Hugo del Valle Corte



Alfonso Vidal Martínez

7. BIBLIOGRAFÍA

AACE INTERNACIONAL. *AACE Recommended Practice No. 17R-97. Cost Estimate Classification System.* 2011. [En línea] [Consultado: 14 Junio 2018 A] Disponible en: https://web.aacei.org/docs/default-source/toc/toc_17r-97.pdf?sfvrsn=4

AACE INTERNACIONAL. *AACE Recommended Practice No. 18R-97. Cost Estimate Classification System – As Applied in Engineering, Procurement, and Construction for the Process Industries* [En línea] [Consultado: 14 Junio 2018 B] Disponible en: https://web.aacei.org/docs/default-source/toc/toc_18r-97.pdf?sfvrsn=4

METAL MINER. *Carbon Steel* [En línea] [Consultado: 14 Junio 2018 A] Disponible en: <https://agmetalmminer.com/metal-prices/carbon-steel/>

METAL MINER. *Stainless Steel* [En línea] [Consultado: 14 Junio 2018 B] Disponible en: <https://agmetalmminer.com/metal-prices/stainless-steel/>

PETERS, M.S. y TIMMERHAUS, K.D. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers.* 4ª Edición. Estados Unidos de América: McGraw-Hill, 1991. ISBN: 0-07-100871-3

ANEXO I. PLANTILLA DE PORCENTAJES

A continuación se presenta en la Tabla 1 la plantilla de porcentajes recomendada por la bibliografía de referencia que se emplea para el cálculo del presupuesto y para el análisis de viabilidad. *(Peters et col., 1991)*

Tabla 1. Plantilla de porcentajes para el cálculo del presupuesto. (Peters et col., 1991)

	LI (%)	LS (%)	% Seleccionado	% Normalizado	Coste
Costes directos					
Equipamiento comprado	15	40	27,5	21,83	450.653,78 €
Instalación del equipo comprado	6	14	10	7,94	163.874,10 €
Instrumentación y control instalado	2	8	5	3,97	81.937,05 €
Tuberías instaladas	3	20	11,5	9,13	188.455,22 €
Instalación eléctrica	2	10	6	4,76	98.324,46 €
Edificaciones	3	18	10,5	8,33	172.067,81 €
Acondicionamiento del terreno	2	5	3,5	2,78	57.355,94 €
Instalaciones de servicio	8	20	14	11,11	229.423,74 €
Terreno	1	2	1,5	1,19	24.581,12 €
Total costes directos					1.466.673,21 €
Costes indirectos					
Ingeniería y supervisión	4	21	12,5	9,92	204.842,63 €
Gastos de construcción	4	16	10	7,94	163.874,10 €
Comisión del contratista	2	6	4	3,17	65.549,64 €
Contingencias	5	15	10	7,94	163.874,10 €
Total costes indirectos					598.140,47 €
Total capital fijo					2.064.813,67 €
Capital circulante	10	20	20	20	412.962,73 €
Total inversión					2.477.776,41 €